

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM  
VIỆN KỸ THUẬT NHIỆT ĐỚI

**BÁO CÁO KHOA HỌC**  
**KẾT QUẢ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI**

**TÊN ĐỀ TÀI:**

**NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO GIÁ THỂ SINH HỌC DẠNG XÓP TRÊN  
NỀN NHỰA POLYETYLEN TỈ TRỌNG CAO ĐỊNH HƯỚNG  
TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI TẠI TỈNH HƯNG YÊN**

**Chủ nhiệm đề tài:** ThS. NCVC. Mai Đức Huỳnh

**Đơn vị chủ trì:** Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm KH-CN Việt Nam

**Hà Nội, tháng 07 năm 2023**

# BÁO CÁO KHOA HỌC KẾT QUẢ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI

Tên đề tài:

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO GIÁ THỂ SINH HỌC DẠNG XÓP TRÊN  
NỀN NHỰA POLYETYLEN TỈ TRỌNG CAO ĐỊNH HƯỚNG  
TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI TẠI TỈNH HƯNG YÊN

VIỆN KỸ THUẬT NHIỆT ĐỐI  
(Ký, đóng dấu)

Chủ nhiệm đề tài  
(Ký, ghi rõ họ tên)

Mai Đức Huỳnh

SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ TỈNH HƯNG YÊN

Hà Nội, tháng 07 năm 2023

## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CÁC TỪ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Tên đầy đủ
PE	Nhựa polyetylen
HDPE	Nhựa polyetylen tỉ trọng cao
PEO	Polyetylen oxit
AC	Chất tạo nở azodicacbonat (AC), tên thương mại AC 3000 F,
PEgMA	Polyetylen ghép maleic anhydrit có hàm lượng maleic anhydrit là 0,5 %kl.
AC1	Mẫu giá thể xốp HDPE có chứa 1%kl AC và 1% Hari95
AC2	Mẫu giá thể xốp HDPE có chứa 2%kl AC và 1% Hari95
AC3	Mẫu giá thể xốp HDPE có chứa 3%kl AC và 1% Hari95
AC5	Mẫu giá thể xốp HDPE có chứa 5%kl AC và 1% Hari95
PEG0	Mẫu giá thể xốp AC2 có bổ sung 3%kl PEGMA
PEG1	Mẫu giá thể xốp AC2 có bổ sung 1%kl PEO và 1%kl PEGMA
PEG3	Mẫu giá thể xốp AC2 có bổ sung 3%kl PEO và 3%kl PEGMA
PEG5	Mẫu giá thể xốp AC2 có bổ sung 5%kl PEO và 5%kl PEGMA
PEG7	Mẫu giá thể xốp AC2 có bổ sung 7%kl PEO và 7%kl PEGMA
BOD	Nhu cầu oxy sinh học
COD	Nhu cầu oxy hóa học
TSS	Tổng chất rắn lơ lửng
FTIR	Phổ hồng ngoại biến đổi Fourier
SEM	Hiển vi điện tử quét (Scanning electron microscope)
CFA	Phụ gia tạo bọt (chemical foaming agents, CFA).
MBBR	Công nghệ xử lý nước thải sử dụng màng vi sinh chuyển động

## MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CÁC TỪ VIẾT TẮT .....	i
MỤC LỤC .....	iii
DANH MỤC BẢNG BIỂU .....	v
MỞ ĐẦU .....	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC .....	3
1.1. Ngoài nước.....	3
1.2. Trong nước.....	10
1.3. Hiện trạng xử lý nước thải sinh hoạt tại tỉnh Hưng Yên .....	11
1.4. Giới thiệu về Bệnh viện mắt Hưng Yên .....	12
1.5. Nội dung của đề tài .....	15
CHƯƠNG 2: THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU .....	16
2.1. Cách tiếp cận.....	16
2.2. Kỹ thuật sử dụng.....	16
2.3. Thực nghiệm và phương pháp nghiên cứu .....	17
2.3.1. Nguyên vật liệu hóa chất.....	17
2.3.2. Các phương pháp nghiên cứu.....	24
CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN.....	29
3.1. Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ thành phần đến đặc trưng tính chất của giá thể. .....	29
3.1.1. Ảnh hưởng của chỉ số chảy (MF) của nhựa tới các đặc trưng xốp PE .....	29
3.1.2. Lựa chọn phụ gia tạo xốp thích hợp làm giá thể PE xốp .....	31
3.1.3. Ảnh hưởng của tỉ lệ chất tạo xốp đến đặc trưng vật liệu PE xốp. ....	32
3.2. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng PEO đến tính chất, cấu trúc của xốp PE tạo thành.....	38
3.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng PEO ghép đến momen xoắn khi chế tạo mẫu xốp. ....	38
3.2.2. Ảnh hưởng của hàm lượng phụ gia PEO tới tỷ trọng và độ xốp của vật liệu .....	39
3.2.3. Phân tích phổ hồng ngoại FT-IR của vật liệu .....	40
3.2.4. Phân tích nhiệt.....	42
3.2.5. Hình thái cấu trúc .....	44
3.3. Ảnh hưởng của pH đến sự thay đổi khối lượng xốp PE .....	45
3.4. Đánh giá sự thay đổi diện tích bề mặt của mẫu .....	46

3.5. Đánh giá khả năng làm việc của giá thể xốp PE chế tạo. ....	47
3.5.1. Ảnh hưởng của thành phần vật liệu đến góc tiếp xúc của giá thể. ....	47
3.5.2. Đánh giá khả năng bám dính vi sinh lên trên giá thể xốp PE. ....	48
3.5.3. Mật độ vi sinh bám dính (phương pháp khối lượng). ....	50
3.5.4. Đánh giá hiệu quả làm việc của giá thể. ....	50
3.5.5. Đánh giá chất lượng nước sinh hoạt sau xử lý tại các thời điểm 2, 4, 6 và 8 tuần. ....	52
3.6. Chế thử giá thể xốp ở quy mô pilot .....	54
3.6.1. Chế tạo hạt chất chủ .....	55
3.6.2. Chế tạo giá thể xốp PE.....	56
3.7. Phân tích đặc trưng tính chất của giá thể. ....	59
3.7.1. Phân tích phổ hồng ngoại FT-IR của mẫu xốp .....	59
3.7.2. Phân tích hình thái cấu trúc bằng phương pháp SEM .....	60
3.7.3. Khối lượng riêng, độ xốp và diện tích bề mặt của giá thể xốp. ....	60
3.8. Xây dựng tính toán giá thành sản phẩm .....	62
3.9. Xây dựng mô hình xử lý nước theo công nghệ MBBR có sử dụng giá thể xốp PE của đề tài trên địa bàn tỉnh hưng yên với công suất 1m <sup>3</sup> /ngày.đêm.....	63
3.9.1. Thông số thiết kế.....	63
3.9.2. Tính toán thiết kế .....	64
3.9.3. Thông số mô hình.....	65
3.9.4. Lắp đặt mô hình xử lý nước theo công nghệ MBBR có sử dụng giá thể xốp pe của đề tài trên địa bàn tỉnh hưng yên với công suất 50 - 100 lit/giờ .....	66
3.9.5. Đánh giá hiệu quả mô hình xử lý nước thải sinh hoạt tại bệnh viện mắt thời gian chạy thực tế. ....	72
3.9.6. Đánh giá hiệu quả hoạt động của mô hình.....	78
3.10. Các sản phẩm của đề tài/dự án/đề án.....	81
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....	84
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	86

## DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1: Một số tính chất của CFA được sử dụng cho tạo xốp.....	9
Bảng 2.1: Thành phần nguyên liệu chế tạo giá thể PE xốp khảo sát tại các tỉ lệ chất tạo xốp khác nhau .....	18
Bảng 2.2: Thành phần nguyên liệu của các mẫu PEG0, PEG1, PEG3, PEG5 và PEG7. ....	19
Bảng 2.3: Bảng chỉ tiêu nước thải sinh hoạt đầu ra theo QCVN 14:2008/BTNMT và QC ĐP 01:2019/HY .....	28
Bảng 3.1: Các đặc trưng của xốp PE khi thay đổi giá trị MFI của nhựa PE.....	29
Bảng 3.2: Ảnh hưởng của phụ gia tạo xốp tới tỉ trọng, độ xốp và co ngót khuôn của mẫu. ....	31
Bảng 3.3: Mật độ phân bố kích thước lỗ xốp của các mẫu PE – AC3000F, PE – AC7000 và PE - SB.....	32
Bảng 3.4: Độ bền cơ học của các mẫu xốp sử dụng hàm lượng AC khác nhau .....	36
Bảng 3.5: Khối lượng riêng và độ xốp của xốp HDPE ở các tỉ lệ hàm lượng phụ gia khác nhau .....	36
Bảng 3.6: Đặc trưng nóng chảy của các mẫu xốp PE tại các hàm lượng PEO khác nhau tại thời gian 100 giây phối trộn .....	39
Bảng 3.7: Khối lượng riêng và độ xốp của mẫu PE sử dụng các hàm lượng PEO khác .....	39
Bảng 3.8: Một số dao động của các nhóm chức trong các mẫu PE/PEO/phụ gia tạo xốp .....	42
Bảng 3.9: Các đặc trưng nhiệt của PE và mẫu xốp PE/PEO chế tạo ở các tỷ lệ nhựa nền khác nhau .....	43
Bảng 3.10: Sự thay đổi khối lượng của mẫu PEG0, PEG1, PEG3 và PEG5 trong môi trường pH khác nhau .....	45
Bảng 3.11: Ảnh hưởng của hàm lượng PEO đến diện tích bề mặt của vật liệu.....	47
Bảng 3.12: Ảnh hưởng của thành phần đến góc tiếp xúc của các mẫu AC2, PEO và PEG3.....	48
Bảng 3.13: Màu sắc của giá thể sau khi nuôi cấy trong môi trường nước thải sinh hoạt tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên.....	48
Bảng 3.14: Hàm lượng vi sinh bám dính sau 30 ngày cho các mẫu AC2, PEG0 và PEG3.....	50
Bảng 3.15: Chất lượng nước thải sinh hoạt lấy tại Bệnh Viện mắt Hưng Yên.....	51
Bảng 3.16: Chất lượng nước thải sinh hoạt sau 1 ngày xử lý .....	52
Bảng 3.17: Chất lượng nước thải sinh hoạt tại các thời điểm xử lý khác nhau .....	53
Bảng 3.18: Hiệu suất xử lý (%) amoni theo thời gian khác nhau .....	53
Bảng 3.19: Tính chất hạt chất chủ tạo xốp PE/PEgMA/PEO/phụ gia tạo xốp .....	56
Bảng 3.20: So sánh tính chất giá thể xốp đề tài và sản phẩm Hel- X Bio Chip 30.....	60
Bảng 3.21: Chi phí sản xuất 25 kg/m <sup>2</sup> .giờ .....	62
Bảng 3.22: Chất lượng nước thải sinh hoạt của Bệnh viện Mắt Hưng Yên.....	63

Bảng 3.23: Thiết bị và phụ kiện cho chế tạo mô hình xử lý nước thải tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên .....	68
Bảng 3.24: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ nhất .....	73
Bảng 3.25: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ hai .....	73
Bảng 3.26: : Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ ba .....	73
Bảng 3.27: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 4 .....	74
Bảng 3.28: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 5 .....	74
Bảng 3.29: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 6 .....	74
Bảng 3.30: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 7 .....	75
Bảng 3.31: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 8 .....	75
Bảng 3.32: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 9 (kết quả do Viện Hóa học xác nhận) .....	76
Bảng 3.33: Chi phí ban đầu để vận hành mô hình xử lý nước thải công suất 1m <sup>3</sup> /ngày.đêm .....	79

## DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1: Mô hình xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ MBBR [1-4] .....	3
Hình 1.2: Cơ chế chuyển hóa amoni và hữu cơ trong nước thải sinh hoạt .....	4
Hình 1.3: Các loại giá thể vi sinh điển hình .....	6
Hình 1.4: (a) Các giá thể PVA-gel trước khi sử dụng (Kuraray, Nhật Bản); (b) Ảnh hiển vi điện tử bề mặt của hạt PVA-gel [14] .....	7
Hình 1.5: Nồng độ amoni đầu ra sau mỗi điều kiện mô phỏng, amoni càng thấp thì vi sinh xử lý càng hiệu quả → giá thể mang chọn lọc tốt [14] .....	7
Hình 1.6: Môi trường quan giữa dữ liệu thực nghiệm cho nước thải chứa NO <sub>x</sub> -N và các đường mô phỏng tại mẫu có diện tích bề mặt riêng khác nhau (Sản phẩm phụ của quá trình nitrat hóa là NO <sub>x</sub> do vi sinh xử lý NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> chuyển hóa thành NO <sub>x</sub> ) [14] .....	8
Hình 1.7: Độ phóng đại của mẫu PE sử dụng phụ gia tạo xốp Celogen-OT .....	10
Hình 2.1: Lấy mẫu nước thải sinh hoạt tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên .....	18
Hình 2.2: Máy đùn và khuôn đùn tạo xốp PE. ....	19
Hình 2.3: Sản phẩm sau khi ra khỏi khuôn đùn và sau khi được cắt. ....	20
Hình 2.4: Bể nuôi cấy và đánh giá khả năng bám dính vi sinh. ....	20
Hình 2.5: Sơ đồ công nghệ mô hình xử lý nước thải sinh hoạt công suất 2-10 lít/giờ. ....	21
Hình 2.6: Phiếu phân tích chất lượng nước thải sinh hoạt tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên .....	22
Hình 2.7: Mô hình xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ MBBR công suất 2 – 10 lít/giờ .....	23
Hình 2.8: Mô hình xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ MBBR công suất 50 lít/giờ (tương đương 1m <sup>3</sup> /ngày đêm) tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên .....	23
Hình 2.9: Thiết bị trộn nội kín Haake Rheomix 610 .....	24
Hình 2.10: Máy xác định tính chất cơ học Zwick Z2.5 .....	24
Hình 2.11: Máy đo phổ hồng ngoại NEXUS 670 (Mỹ). ....	25
Hình 2.12: Máy phân tích nhiệt TGA 209F Nezsch – Đức .....	26
Hình 2.13: Thiết bị hiển vi điện tử quét (SEM) .....	26
Hình 2.14: Môi trường thử nghiệm với các giá trị pH tương ứng .....	27
Hình 2.15: Máy lắc tròn HY-5 Manoeuvre Style Vibrator trong phòng thí nghiệm. ....	27
Hình 3.1: Cấu trúc xốp của mẫu sử dụng nhựa MFI=1 .....	29
Hình 3.2: Cấu trúc xốp của mẫu sử dụng nhựa MFI=5 .....	30
Hình 3.3: Cấu trúc xốp của mẫu sử dụng nhựa MFI=10 .....	30
Hình 3.4: Cấu trúc xốp của mẫu sử dụng nhựa MFI=20 .....	30
Hình 3.5: Ảnh sản phẩm của mẫu xốp (a) PE – AC3000F, (b) PE – AC7000F và (c) PE – SB. ....	32
Hình 3.6: Mô men xoắn ở trạng thái nóng chảy của AC1, AC2, AC3 và AC5. ....	33
Hình 3.7: Phổ IR của các mẫu sử dụng hàm lượng phụ gia tạo xốp khác nhau .....	34
Hình 3.8: Ảnh SEM chụp mặt cắt mẫu xốp: (a) AC1; (b) AC2; (c) AC3; (d) AC5 .....	35
Hình 3.9: Các mẫu giá thể với các hàm lượng phụ gia chất tạo nở khác nhau .....	37



Hình 3.10: Giảm độ mô men xoắn nóng chảy của các mẫu PE xếp sử dụng hàm lượng PEO khác nhau .....	38
Hình 3.11: Ảnh bề mặt cắt của các mẫu xếp PE tại các tỉ lệ PEO khác nhau.....	40
Hình 3.12: Phổ FT-IR của mẫu xếp PEG0 và PEG1 .....	41
Hình 3.13: Phổ FT-IR của mẫu xếp PEG0 và PEG3 .....	41
Hình 3.14: Phổ FT-IR của mẫu xếp PEG0 và PEG5 .....	41
Hình 3.15: Phổ FT-IR của mẫu xếp PEG0 và PEG7. ....	42
Hình 3.16: Giảm độ TGA của mẫu xếp PEG0, PEG1, PEG3 và PEG5 .....	42
Hình 3.17: Ảnh SEM bề mặt các mẫu PE0, PEG1, PEG3 và PEG5 ở độ phóng đại 30 lần .....	44
Hình 3.18: Hình ảnh trước và sau khi thử nghiệm các môi trường khác nhau của mẫu chứa hàm lượng ghép .....	46
Hình 3.19: Giảm độ hấp thụ và giải hấp nito của mẫu PEG1 .....	46
Hình 3.20: Ảnh góc tiếp xúc của các mẫu AC2, PEG0 và mẫu PEG3. ....	47
Hình 3.21: Đặc trưng màu sắc của giá thể theo thời gian nuôi cấy vi sinh.....	49
Hình 3.22: Mẫu giá thể AC2, PEG0 và PEG3 sau 30 ngày nuôi cấy vi sinh.....	49
Hình 3.23: Ảnh vi sinh bám dính lên giá thể sau khi nuôi cấy .....	49
Hình 3.24: Sơ đồ công nghệ chế tạo giá thể xếp PE .....	54
Hình 3.25: Phối trộn sơ bộ ban đầu .....	55
Hình 3.26: Chế tạo hạt chất chủ tạo xếp .....	55
Hình 3.27: Hạt chất chủ tạo xếp PE/PEgMA/PEO/phụ gia tạo xếp .....	56
Hình 3.28: Máy đùn và khuôn đùn tạo xếp PE. ....	56
Hình 3.29: Sản phẩm ống xếp giá thể sau khi đùn.....	57
Hình 3.30: Thiết bị cắt tạo giá thể .....	57
Hình 3.31: Thiết bị đùn tạo xếp tại lần thử nghiệm thứ nhất .....	57
Hình 3.32: Sản phẩm tại lần thử nghiệm thứ nhất.....	58
Hình 3.33: Sản phẩm của mẻ thử nghiệm thứ 2 .....	58
Hình 3.34: Sản phẩm của mẻ thử nghiệm thứ 3 .....	59
Hình 3.35:Phổ FT-IR của mẫu xếp được tối ưu điều kiện .....	59
Hình 3.36: Ảnh hiển vi điện tử quét SEM mẫu xếp.....	60
Hình 3.37: Kết quả thử nghiệm của sản phẩm được đánh giá tại Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. ....	61
Hình 3.38: Sơ đồ khối hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên .....	66
Hình 3.39: Bản thiết kế bể xử lý.....	67
Hình 3.40: Chế tạo mô hình xử lý nước thải tại công ty DRET.....	71
Hình 3.41: Chuyển thiết bị vào vị trí lắp đặt .....	71
Hình 3.42: Ngăn đặt thiết bị điện (tủ điện, bơm, bơm định lượng hóa chất) .....	71
Hình 3.43: Ngăn đặt màng MBR và ngăn khử trùng .....	71
Hình 3.44: Ngăn vi sinh thiếu khí .....	72
Hình 3.45: Ngăn vi sinh hiếu khí.....	72

Hình 3.46: Bổ sung giá thể cho vi sinh .....	72
Hình 3.47: Lắp đặt bơm tại bể điều .....	72
Hình 3.48: Hiệu suất xử lý amoni và BOD5 của hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt tại Bệnh viện mắt Hưng Yên .....	77
Hình 3.49: Kết quả phân tích nước thải sinh hoạt bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 9 - tuần 18 tại Viện Hóa học. ....	78
Hình 3.50: Tổ chức Hội thảo tại tỉnh Hưng Yên.....	80
Hình 3.51: Đại biểu hội thảo thăm quan mô hình xử lý nước tại.....	80
.....	80

## MỞ ĐẦU

### 1. Sự cần thiết phải triển khai thực hiện đề tài

Xử lý nước thải sinh hoạt nhận được sự quan tâm của các nhà khoa học và các nhà phát triển công nghệ do nhu cầu thực tế cũng như tác động về môi trường của chúng gây ra. Trong những công nghệ xử lý nước thải sinh hoạt, công nghệ màng vi sinh chuyển động (MBBR) sử dụng các giá thể dạng xốp làm nơi các vi sinh vật bám trú để phát triển đang được chú ý nhờ các đặc điểm nổi bật như: diện tích sử dụng thấp; hệ vi sinh phát triển ổn định, tải trọng xử lý hữu cơ cao; có thể vận hành tự động, mở rộng công suất xử lý một cách dễ dàng. Hiệu suất của công nghệ này phụ thuộc vào cấu trúc, độ xốp của giá thể để làm sao mang được một lượng vi sinh lớn nhất trên cùng một thể tích.

Hiện tại, phần lớn công nghệ MBBR đã lựa chọn sử dụng giá thể dạng bánh xe, gel, dạng cầu ... cho xử lý nước thải sinh hoạt. Tuy vậy, các loại này còn có nhược điểm là diện tích bề mặt thấp ( $< 1500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ) dẫn tới tải lượng xử lý các chất ô nhiễm còn thấp. Trong khi đó, giá thể hình đĩa dẹt trên nền nhựa polyetylen tỉ trọng cao (HDPE) đang được phát triển thể hiện nhiều ưu điểm vượt trội như diện tích bề mặt tiếp xúc lên tới  $5000 \text{ m}^2/\text{m}^3$  giúp nâng cao hiệu suất làm việc của hệ MBBR. Tuy nhiên, giá thành loại này còn cao và chủ yếu nhập khẩu từ nước ngoài (giá bán trong nước từ 40 đến 60 triệu/ $\text{m}^3$ ), sản xuất trong nước chưa chủ động. Điều này khiến cho việc áp dụng công nghệ MBBR còn hạn chế, chưa được áp dụng nhiều. Do vậy, việc nghiên cứu, chế tạo và làm chủ được công nghệ sản xuất giá thể xốp trong nước thành công, sẽ giảm giá thành xuống, việc áp dụng công nghệ MBBR sẽ trở nên phổ biến hơn.

Trên cơ sở tìm hiểu các nghiên cứu trong nước và quốc tế, cũng như phân tích nhược điểm còn tồn tại để nâng cao hiệu quả xử lý của giá thể xốp PE sinh học, đề tài tập trung nghiên cứu chế tạo giá thể xốp trên nền PE kết hợp với polyetylen oxit (PEO). Trong đó PEO đóng vai trò cải thiện khả năng tương thích sinh học cho nhựa nền PE, nâng cao khả năng bám dính của vi sinh. Tuy nhiên do phân cực giữa PE và PEO khác nhau có thể gây ra phân tách pha trong quá trình chế tạo. Do vậy, chất tương hợp PEGMA được sử dụng để cải thiện khả năng phân tán của PEO và cải thiện sự kết dính giữa các thành phần của vật liệu.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài

- Nghiên cứu giá thể vi sinh từ vật liệu polyetylen (PE) xốp thay thế sản phẩm nhập ngoại, đáp ứng được các điều kiện cho xử lý nước thải sinh hoạt và công nghiệp.

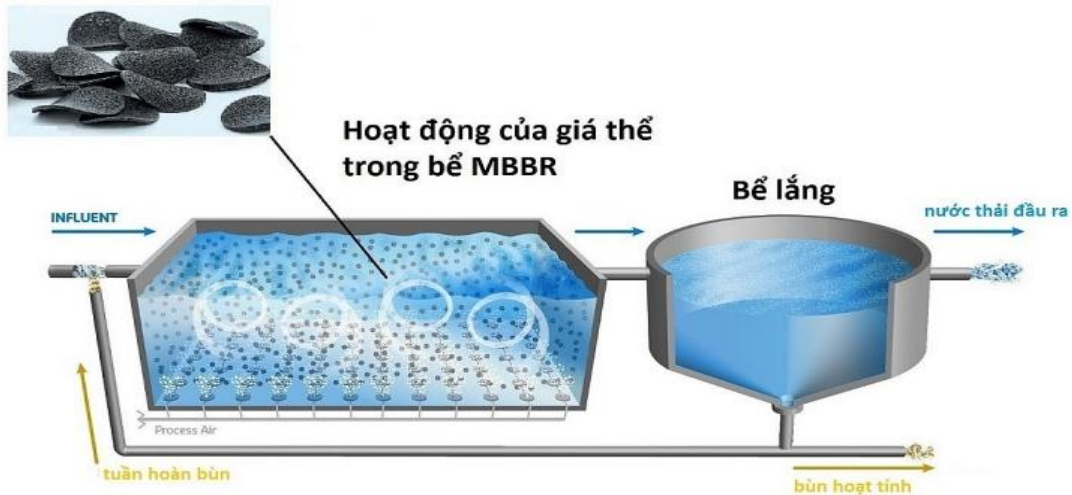
- Chế tạo giá thể sinh học dạng xốp trên nền nhựa polyetylen tỉ trọng cao (HDPE).

- Chất lượng nước sau khi xử lý bằng giá thể PE có cấy vi sinh đáp ứng QCVN 14:2008/BTNMT và QCĐP 01:2019/HY tại tỉnh Hưng Yên.

# CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC

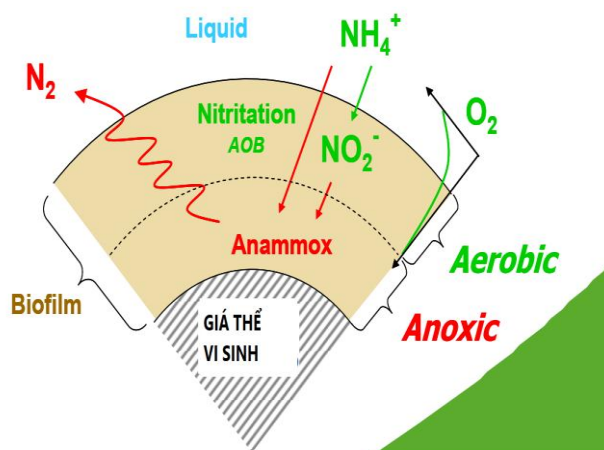
## 1.1. Ngoài nước

Một số công nghệ phổ biến cho xử lý nước thải sinh hoạt hiện nay bao gồm: bùn hoạt tính, MBBR, xử lý dạng mẻ (SBR) ... Trong đó MBBR, sử dụng các giá thể chuyển động đang được quan tâm nhiều hơn nhờ khả năng vận hành thuận tiện, công suất xử lý cao.



Hình 1.1: Mô hình xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ MBBR [1-4]

Hình 1.1 mô tả tóm tắt các bước xử lý của công nghệ MBBR. Theo đó, hệ thống khí giữ vai trò cực kỳ cần thiết để giúp cung cấp oxy cho hệ vi sinh vật ưa khí sinh trưởng và phát triển, đồng thời hệ thống này giúp cho giá thể đảo đều trong môi trường ô nhiễm. Nhờ các nguồn khí được cấp liên tục, các vi sinh vật hiếu khí sẽ phát triển và bám trên bề mặt giá thể. Chúng đóng vai trò oxy hóa amoni và các hợp chất hữu cơ (BOD) trong nước thải thành các thành nitrit, nitrat hoặc các phân tử có khối lượng nhỏ hơn. Nhờ nguồn cung cấp thức ăn này, số lượng các vi sinh vật tăng lên nhanh chóng, hình thành lên lớp màng vi sinh trên giá thể. Khi mật độ vi sinh tăng nhanh, tải lượng xử lý của các giá thể được cải thiện và làm giảm lượng chất hữu cơ trong nước. Khi lớp vi sinh đủ dày, các lớp vi sinh kỵ khí hình thành sâu bên trong nơi mà mật độ không khí thấp. Các vi sinh vật này, đóng vai trò khử các oxit nitơ thành nitơ và giải phóng ra ngoài không khí. Quá trình chuyển hóa được tóm tắt trong hình 1.2. Khi lớp màng vi sinh này đạt đến độ dày nhất định bong ra, các vi sinh vật hiếu khí/kỵ khí còn lại tiếp tục phát triển và hình thành lên một chu trình mới [1-4].



Hình 1.2: Cơ chế chuyển hóa amoni và hữu cơ trong nước thải sinh hoạt

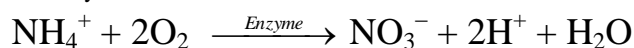
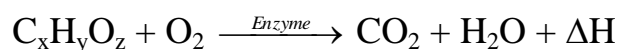
Trong bể MBBR xảy ra đồng thời nhiều phản ứng khác nhau như: oxy hóa ammonia, khử nitrat và phân hủy photpho trong tế bào vi sinh, tổng hợp tế bào mới và phân hủy chất hữu cơ. Do đó, sau bể MBBR hiếu khí, pH của nước thải biến đổi phức tạp.

Vi sinh hiếu khí

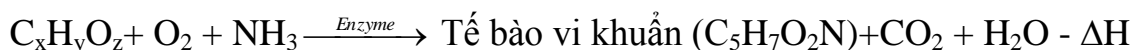
Vi sinh hiếu khí: có chức năng xử lý các thành phần ô nhiễm COD, BOD,  $\text{NH}_4^+$ .

Quá trình xử lý nước thải bằng phương pháp hiếu khí bao gồm 3 giai đoạn:

- Oxy hóa các chất hữu cơ:



- Tổng hợp tế bào mới:



- Phân hủy nội bào:



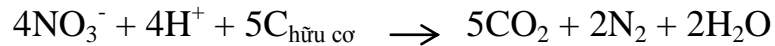
Bể xử lý vi sinh hiếu khí được thiết kế theo kỹ thuật màng lọc sinh học chuyển động (MBBR) sử dụng giá thể làm tổ cho vi sinh hiếu khí phát triển xử lý các thành phần ô nhiễm (xử lý thành phần COD, chuyển hóa  $\text{NH}_4^+$  thành  $\text{NO}_3^-$ ). Giá thể mang vi sinh được cố định thành tầng lọc trong bể, tạo điều kiện cho vi sinh vật bám dính và phát triển. Nước thải được dẫn vào từ đáy bể, chảy ngược lên và thoát ra ở trên mặt bể.

Vi sinh thiếu khí

Vi sinh thiếu khí có chức năng khử thành phần Nitrat trong nước thải để giảm chỉ số T-N.

Nitrat là sản phẩm cuối của quá trình xử lý vi sinh hiếu khí, nitrat chưa được xem là bền vững cũng gây độc cho môi trường nên cần được khử thành khí nitơ.

Quá trình xử lý nước thải bằng phương pháp thiếu khí: sử dụng các chủng vi sinh thiếu khí để khử  $\text{NO}_3^-$  thành  $\text{N}_2$ .



Một số loài vi khuẩn khử nitrat như: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Methanomonas*, *Paracoccus*, *Spirillum*, *Thiobacillus*, *Micrococcus*, *Denitrobacillus*.

Bể xử lý vi sinh thiếu khí công nghệ MBBR sử dụng giá thể làm tổ cho vi sinh thiếu khí phát triển và khử nitrat hoá (chuyển hóa  $\text{NO}_3^-$  thành  $\text{N}_2$ ). Giá thể mang vi sinh được cố định thành tầng lọc trong bể, tạo điều kiện cho vi sinh vật bám dính và phát triển. Nước thải được dẫn vào từ đáy bể, chảy ngược lên và thoát ra ở trên mặt bể.

Tùy theo nguồn nước thải sinh hoạt đầu vào sẽ lựa chọn và thiết kế hệ MBBR cho phù hợp. Nhìn chung đây là công nghệ có nhiều đặc điểm nổi trội như: diện tích bể xử lý được lắp đặt gọn, giúp giảm diện tích sử dụng; tải trọng xử lý lớn của hệ lớn do sử dụng giá thể dạng xốp, các bước vận hành được tự động hóa, thuận tiện và có thể điều khiển từ xa [4-7]. Ngoài ra, giá thể này sở hữu diện tích bề mặt lớn, tuổi thọ cao, nên dù giá thành cao hơn so với các giá thể truyền thống khác đang sử dụng, nhưng đây là vật liệu hứa hẹn cải thiện hiệu suất làm việc của hệ thống MBBR, nhờ đó có thể lắp đặt nơi có diện tích chật hẹp nhưng đòi hỏi tải trọng xử lý ô nhiễm cao như các phòng khám bệnh, các nhà hàng trong khu trung tâm, cho đến các trang trại, nhà máy, bệnh viện có yêu cầu công suất xử lý lớn.

Trong quá trình vận hành, các giá thể đóng vai trò chính quyết định đến hiệu suất của công nghệ MBBR. Trong những năm gần đây, các giá thể khác nhau đã được sử dụng trong công nghệ MBBR để xử lý nước thải, bao gồm cả giá thể nhựa (ví dụ: các giá thể nhựa sinh học, Kaldnes K1, K2, K3 và K5 (dạng ống hình trụ), Kaldnes biofilm Chip M, v.v.), giá thể gốm (ceramic), giá thể từ nhựa sinh học (bioplastic-based moving bed biofilm carriers), giá thể dạng gel polyvinyl alcohol, giá thể polycaprolactone phân hủy sinh học, ...) và dăm gỗ. Tuy nhiên, các giá thể được lựa chọn và sử dụng phổ biến nhất trong công nghệ MBBR làm từ nhựa nhiệt dẻo như: polypropylen (PP), nhựa polyetylen tỉ trọng cao (HDPE) (hình 1.3) như dạng cầu, dạng bánh xe, dạng sợi, dạng xốp ... [8]

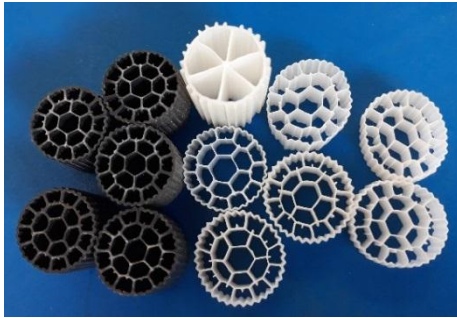




Giá thể vi sinh dạng cầu



Giá thể mang vi sinh dạng sợi



Giá thể mang vi sinh dạng bánh xe



Giá thể vi sinh dạng xốp nhựa

*Hình 1.3: Các loại giá thể vi sinh điển hình*

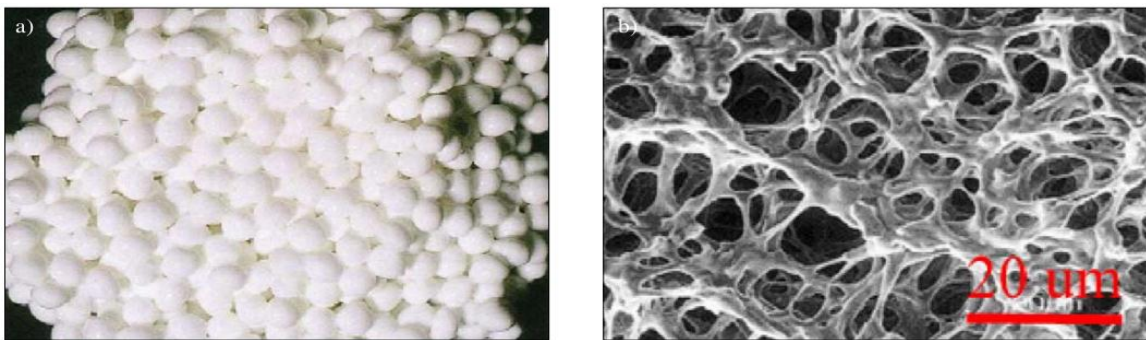
Tuy nhiên giá thể HDPE cấu trúc xốp có hiệu quả cao hơn đáng kể trong xử lý. Đặc điểm nổi bật của giá thể PE xốp này đó là diện tích bề mặt hiệu dụng có thể đạt hơn  $2500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , độ dày 0,8 – 1,2 mm. Với cấu trúc xốp kích thước micro, các vi sinh có thể cư trú trong các cấu trúc lỗ xốp này để tạo thành môi trường sống lí tưởng cho chúng tồn tại và phát triển quá trình oxy hóa amoni và khử khử nitơ. Bên cạnh đó, các giá thể vi sinh với cấu trúc xốp tạo cho màng sinh học (biofilm) một môi trường bảo vệ, và không chịu nhiều tác động khi môi trường sống thay đổi. Hơn nữa cấu trúc xốp giúp cho lớp màng vi sinh không bị bong tróc như những giá thể khác. Các giá thể này còn có điểm đặc biệt không bị tắc nghẽn khi lớp vi sinh phát triển đến độ dày nhất định, tạo thành lớp bùn giá thể sẽ bị bong tróc và được thay thế bởi các lớp vi sinh mới phát triển ngay trên nền cũ. Nhờ những đặc điểm nổi bật đó, công nghệ xử lý MBBR sử dụng giá thể vi sinh PE xốp có thể vận hành dễ dàng, chỉ cần bổ sung giá thể mà không cần mở rộng bể xử lý, mật độ vi sinh cao hơn và được chuyên môn hóa cao hơn và tiết kiệm từ 30 – 50 % thể tích bể so với công nghệ xử lý khác [9].

Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu trên thế giới mới chỉ đề cập đến sử dụng các giá thể Kaldness trong công nghệ MBBR. Tác giả Aygun và các cộng sự [10] đã sử dụng đưa vào mô hình xử lý nước thải theo công nghệ MBBR chứa 50% (thể tích làm đầy) của Kaldnes biomedica K1 (dạng giá thể bánh xe). Với tốc độ tải lượng hữu cơ ( $6-96 \text{ g COD}/\text{m}^2 \cdot \text{ngày}$ ) dẫn tới hiệu quả loại bỏ lượng hữu cơ trong mẫu từ 95,1% đến 45,2%. Shore và các cộng sự [11] đã sử dụng MBBR quy mô nhỏ với 50% thể tích giá thể BioPortz (polyetylen tỉ trọng

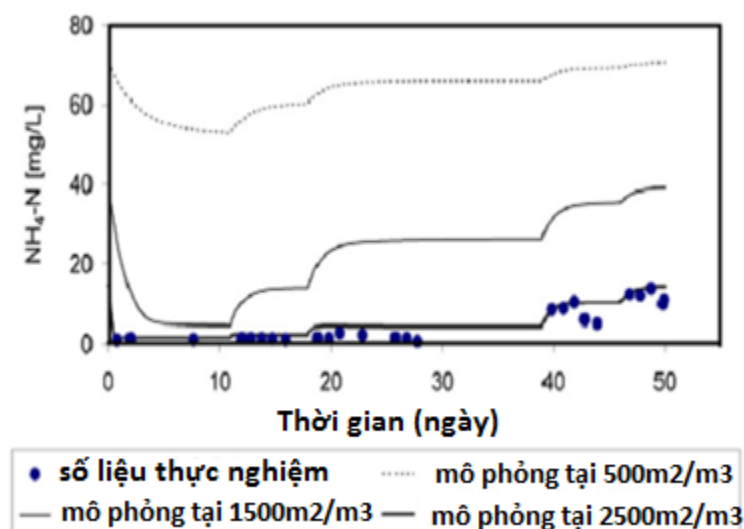


cao, HDPE) đưa vào để xử lý nước thải đã qua xử lý thứ cấp. Các tác giả đã chỉ ra rằng hơn 90%  $\text{NH}_4\text{-N}$  đã được loại bỏ khỏi nước thải công nghiệp ở 35°C và 40°C bởi công nghệ MBBR.

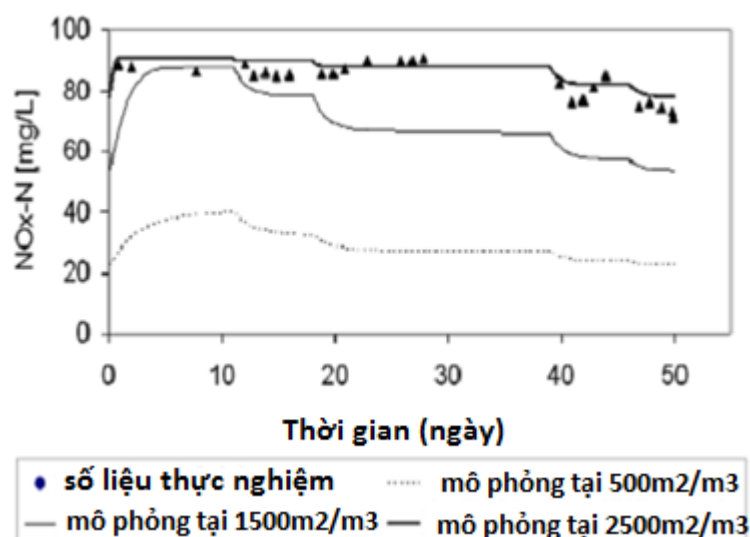
Tuy nhiên, hiệu quả làm việc của mỗi hệ MBBR tùy thuộc vào giá thể vi sinh với độ xốp, diện tích bề mặt, hình dáng khác nhau đều ảnh hưởng tới đến tải trọng xử lý của các hệ thống. M. Levstek và các cộng sự [12, 13] đã chế tạo sinh khối cầu PVA ở dạng gel cho xử lý nước thải. Để làm rõ diện tích bề mặt hiệu quả cho sự phát triển của màng sinh học trên giá thể, nhóm nghiên cứu so sánh giữa công nghệ MBBR mang giá thể gel PVA và giá thể Kaldnes K1 hình trụ như trong hình 1.4 (diện tích bề mặt riêng 550  $\text{m}^2/\text{m}^3$ ). Sử dụng gel PVA có thể tích đưa vào thấp hơn (9,7%) so với K1 (37%) đã được sử dụng, với diện tích bề mặt lớn của gel PVA (2500  $\text{m}^2/\text{m}^3$ ) cho tốc độ xử lý tốt hơn giá thể Kaldnes K1 hình trụ. Nhóm tác giả [14] đã sử dụng phần mềm mô phỏng GPS-X (Hydromantis) để phân tích so sánh khả năng xử lý của các giá thể gel PVA với diện tích bề mặt khác nhau trên cùng với dữ liệu thực nghiệm thu được.



Hình 1.4: (a) Các giá thể PVA-gel trước khi sử dụng (Kuraray, Nhật Bản); (b) Ảnh hiển vi điện tử bề mặt của hạt PVA-gel [14]



Hình 1.5: Nồng độ amoni đầu ra sau mỗi điều kiện mô phỏng, amoni càng thấp thì vi sinh xử lý càng hiệu quả → giá thể mang chọn lọc tốt [14]



Hình 1.6: Mối tương quan giữa dữ liệu thực nghiệm cho nước thải chứa NO<sub>x</sub>-N và các đường mô phỏng tại mẫu có diện tích bề mặt riêng khác nhau (Sản phẩm phụ của quá trình nitrat hóa là NO<sub>x</sub> do vi sinh xử lý NH<sub>4</sub><sup>+</sup> chuyển hóa thành NO<sub>x</sub>) [14].

Trong hình 1.5 và 1.6, các lần mô phỏng với dữ liệu thực nghiệm đã chứng minh ở diện tích bề mặt 2500 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> với tốc độ tăng trưởng tự phát tối đa là 1,2/ngày (hiệu quả xử lý nhanh hơn) là phù hợp hơn và cao hơn giá trị mặc định của mô hình là 0,75/ngày. Các nghiên cứu trên đã chỉ ra ảnh hưởng của các diện tích bề mặt hoạt động của các giá thể trên nền nhựa nhiệt dẻo sẽ góp phần nâng cao khả năng xử lý nước thải [13].

Các nghiên cứu sử dụng giá thể xốp trong xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ MBBR còn hạn chế và rất ít nghiên cứu đề cập. Một số nghiên cứu mới dừng lại ở việc chế tạo vật liệu có độ xốp cao sử dụng các phụ gia tạo xốp (chemical foaming agents, CFA). Các CFA được phân loại là thu nhiệt và tỏa nhiệt dùng trong đùn tạo xốp của nhựa nhiệt dẻo có thể [15, 16]. CFA hấp thụ nhiệt thường tạo ra khí CO<sub>2</sub> trong khi các CFA tỏa nhiệt thường giải phóng nhiệt và khí chủ yếu là N<sub>2</sub> từ phản ứng phân hủy hóa học [17]. Các muối này ảnh hưởng đến đặc tính độ nhớt của nhựa nền và các cấu trúc xốp theo các cách khác nhau, vì sự khác biệt trong quá trình phân hủy nhiệt và sản phẩm khí tạo thành của chúng. Tính chất thu nhiệt là tính chất đáng chú ý vì chất tạo bọt hấp thụ nhiệt trong quá trình phân hủy dẫn tới làm nguội polymer, làm tăng độ nhớt của quá trình nóng chảy polyme, ổn định cấu trúc xốp và làm giảm sự hợp nhất các bọt xốp.

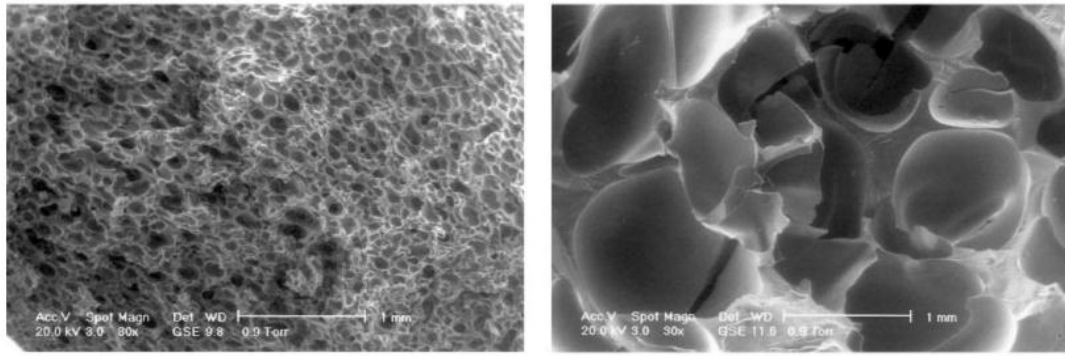
Ngược lại, CFA tỏa nhiệt tạo ra rất nhiều nhiệt khi phân hủy. Nhiệt này có thể làm mềm nhựa và thuận lợi cho quá trình kết hợp cấu trúc xốp khi tạo bọt, dẫn đến sự phân bố cấu trúc xốp kém với kích thước xốp lớn [16, 17]. Các CFA được đề cập ở trên có nhiệt độ phân hủy trong khoảng từ 170 –210°C, nên thích

hợp làm chất tạo xốp cho các nhựa nhiệt dẻo như polyolefin, polypropylene, polyamit ... Mặc dù ảnh hưởng của các chất CFA đến quá trình tạo xốp cho nhựa nền đã được đề cập, tuy nhiên các công bố này còn tương đối ít, tập trung vào một số nhựa nền styrene [18], polypropylene [19] và poly (vinyl clorua) kết hợp với các chất độn khác nhau. Các nghiên cứu tạo xốp cho nhựa nhiệt dẻo không sử dụng chất độn còn tương đối hạn chế.

*Bảng 1.1: Một số tính chất của CFA được sử dụng cho tạo xốp*

<b>Tên thương mại</b>	<b>Dạng phản ứng</b>	<b>Thành phần</b>	<b>Chất chủ CFA/giá thể</b>	<b>Thành phần Khí giải phóng</b>
BIH40	Thu nhiệt	Muối Natri với gốc axit polycarbonic + cacbonat	40/60	CO <sub>2</sub>
Natri bicarbonat	Thu nhiệt	Natri bicarbonat	100/0	CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O
FP	Thu nhiệt	Muối natri với cacbonic + polycacboxylic	100/0	CO <sub>2</sub>
Celogen-OT	Tỏa nhiệt	<i>P,P'</i> -Oxybis (benzenesulfonyl hydrazide)	100/0	N <sub>2</sub> và lượng nhỏ H <sub>2</sub> O
Celogen-AZN	Tỏa nhiệt	Azodicarbonamid biến tính	100/0	42% N <sub>2</sub> , 21% CO, 21% NH <sub>3</sub> , 16% CO <sub>2</sub>
EX210	Tỏa nhiệt	Azodicarbonamid	20/80	N <sub>2</sub> + lượng vết CO <sub>2</sub> và NH <sub>3</sub>

Quing Xi và các cộng sự [20] đã phân tích hình thái cấu trúc của PE xốp khi có mặt CFA như: BIH40, natri bicarbonat, FP và Celogen-OT. Tác giả đã sử dụng thiết bị đùn một trục Brabender để tạo thành các mẫu xốp với khoảng nhiệt được thiết lập lần lượt là 170°C, 180°C và 190°C. Ảnh SEM cho thấy, mẫu sử dụng phụ gia Celogen-OT cho đường kính lớn nhất đạt 1305 µm với kích thước khá đồng đều (Hình 1.7). Đồng thời khi sử dụng 1,5 %kl Celogen-OT cho hiệu quả tạo xốp cao nhất.



*Hình 1.7: Độ phóng đại của mẫu PE sử dụng phụ gia tạo xốp Celogen-OT*

Nhìn chung, các phụ gia như FP, Celogen-OT, Celogen-AZNP, EX210 được sử dụng làm chất tạo xốp trên nền nhựa nguyên sinh như polyetylen đã cho thấy tiềm năng để phát triển thành cấu trúc xốp, ứng dụng làm giá thể mang vi sinh cho xử lý nước thải sinh hoạt.

## **1.2. Trong nước**

Ở trong nước, các công trình đã đề xuất nhiều hướng xử lý thực trạng ô nhiễm nguồn nước thải sinh hoạt hiện nay. Một số nghiên cứu đã sử dụng vật liệu có sẵn trong tự nhiên như: cát, đá ong, than hoạt tính ... để hấp phụ các hợp chất hữu cơ như các chất mang màu trong thuốc nhuộm, kim loại nặng (tại các khu công nghiệp mạ,...) có trong nước. Bên cạnh đó, vật liệu tổng hợp để cải thiện hiệu suất hấp thụ các nguồn ô nhiễm như sợi cellulose, vật liệu composit MOFs/than hoạt tính, vật liệu xốp cấu trúc mao quản nano trên cơ sở copoly (divinylbenzen-styren), vật liệu hydrogel chitosan-g-poly(acrylic acid) cũng đã được đề cập [21-24]. Các nghiên cứu cho thấy, khả năng xử lý và hấp thụ các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt đạt hiệu suất cao. Tuy nhiên, các nghiên cứu giải hấp và tái sử dụng cho thấy chu kỳ sử dụng còn ngắn, khó mở rộng sang qui mô lớn.

Tại Việt Nam, một số nghiên cứu về mô hình MBBR sử dụng một số loại giá thể thương mại đã được thực hiện. Nhóm tác giả Phạm Lê Hoàng Duy và cộng sự [25], đã nghiên cứu ứng dụng công nghệ MBBR xử lý nước thải sinh hoạt trong hai bể hiếu khí và thiếu khí sử dụng giá thể K3 (PE,  $500\text{m}^2/\text{m}^3$ , Việt Nam). Kết quả cho thấy hiệu quả xử lý BOD<sub>5</sub>, N, P rất tốt. Tác giả Nguyễn Thị Mai [26], đã nghiên cứu hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt bằng một bể MBBR gồm 3 ngăn: thiếu khí, hiếu khí và ngăn lắng với hai giá thể K3 (PE,  $500\text{m}^2/\text{m}^3$ , Việt Nam) và MBC - 2 (Polyurethane,  $800 - 1200\text{m}^2/\text{m}^3$ , Việt Nam), kết quả cho thấy trong 2 loại giá thể thì giá thể MBC-2 cho hiệu quả xử lý cao hơn giá thể loại K3 về các chỉ tiêu COD, BOD, tổng nitơ. Để đánh giá hiệu quả của một bể MBBR hiếu khí độc lập nhóm nghiên cứu của Trần Thị Thu Hiền, Trần Đức Thảo đã ứng dụng mô hình này với giá thể biochip M (HDPE, diện tích bề mặt lớn nhất là  $3393\text{m}^2/\text{m}^3$ , Đức) với nước thải giết mổ và gia cầm [27, 28]. Kết quả

của những nghiên cứu này cũng cho thấy hiệu quả xử lý tốt các chất hữu cơ và dinh dưỡng trong nước thải. Một nghiên cứu khác của nhóm tác giả Trần Thị Thu Hiền [29] đã tiến hành đánh giá hiệu quả xử lý của việc dùng mô hình MBBR sử dụng giá thể biochip M trong xử lý nước thải sinh hoạt ở Ký túc xá C1 Trường Đại học Quy Nhơn. Với nước thải nghiên cứu, giá thể Biochip M sử dụng là 40% thể tích, thời gian lưu thích hợp là 6 giờ. Kết quả đầu ra ở tải trọng 0,48kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày đạt QCVN 14:2008/BTNMT, cột A với các giá trị hiệu suất xử lý trung bình tương ứng như: 82,9% BOD, 95,4% N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Tuy nhiên, các nghiên cứu trên mới chỉ dừng ở việc ứng dụng các giá thể thương mại sẵn có, chưa có nghiên cứu đề cập tới chế tạo giá thể dạng xốp từ nền nhựa nhiệt dẻo HDPE và ứng dụng cho công nghệ MBBR cho xử lý nước thải sinh hoạt.

### **1.3. Hiện trạng xử lý nước thải sinh hoạt tại tỉnh Hưng Yên**

Trên địa bàn tỉnh Hưng Yên hiện có 07 khu công nghiệp (KCN) đang hoạt động với diện tích quy hoạch là 2.481,45ha, trong đó 03/10 KCN (Phố Nối A, Dệt may phố Nối, Thăng Long II) đã được đầu tư hạ tầng kỹ thuật bảo vệ môi trường, lắp đặt các trạm quan trắc tự động và gửi dữ liệu về Sở Tài nguyên và Môi trường, 02 KCN (Minh Đức, Yên Mỹ II) đang xây dựng cơ sở hạ tầng kỹ thuật bảo vệ môi trường, các KCN còn lại đều có kế hoạch triển khai lắp đặt các hệ thống trong thời gian tới. Với 07 KCN đang hoạt động phát sinh lượng nước thải 35.847,6 m<sup>3</sup>/ngày đêm. Hầu hết lượng nước thải công nghiệp này đều đã được xử lý tại KCN trước khi thải ra ngoài môi trường [27-28]. Ngoài các dự án xử lý nước tại các KCN, các dự án xử lý nước sinh hoạt trên địa bàn tỉnh cũng đang được quan tâm và đầu tư. Dự án xử lý nước thải phi tập trung theo công nghệ Johkkasou của Nhật Bản được triển khai tại 2 điểm của Hưng Yên là đô thị Ecopark huyện Văn Giang và Trường Tiểu học xã Đình Dù, huyện Văn Lâm [29]. Công nghệ xử lý Johkkasou của Nhật Bản được đánh giá là tiên tiến hiện nay đã và đang được áp dụng rộng rãi ở quốc gia này. Ưu điểm của công nghệ này là nhỏ gọn, lắp đặt nhanh, sử dụng trên nhiều địa hình khác nhau. Cấu trúc của công nghệ gồm hệ thống 5 bể, trong đó 2 bể đầu dùng để tách chất thải rắn còn lại chất hữu cơ được phân hủy bằng các vi sinh, bể 3 dùng vi sinh suy giảm chất ô nhiễm bằng oxy hóa, bể lắng và cuối cùng là bể khử trùng trước khi xả thải ra ngoài. Một dự án xử lý nước thải sinh hoạt khác đã được Hàn Quốc tài trợ để thu gom và xử lý nước trên địa bàn các phường Quang Trung, Lê Lợi, Minh Khai, Hồng Châu, Hiến Nam và An Tảo thuộc thành phố Hưng Yên [30]. Phía Hàn Quốc đầu tư hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt với công suất sử dụng 6.300 m<sup>3</sup>/ngày đêm, sử dụng công nghệ vi sinh kết hợp bùn yếm khí. Một điểm chung của hai dự án trên là công nghệ xử lý đều được thiết kế và phát triển dựa

trên công nghệ MBBR. Đó là sử dụng khả năng xử lý vi sinh, bùn sinh học là loại bỏ các chất hữu cơ trong nước. Nguồn nước sau khi xử lý được chuyển sang các bể lắng để loại bỏ cặn, bùn trước khi đưa ra ngoài môi trường.

Ngoài các dự án được đầu tư, tài trợ cho xử lý nước thải sinh hoạt tập trung, tỉnh Hưng Yên hiện nay còn gặp khó khăn trong thu gom xử lý nguồn nước thải phi tập trung từ các hộ dân, các cơ sở sản xuất, kinh doanh, các trang trại nhỏ lẻ, các làng nghề, cụm công nghiệp ...

#### **1.4. Giới thiệu về Bệnh viện mắt Hưng Yên**

Bệnh viện Mắt Hưng Yên là bệnh viện chuyên khoa hạng II, tuyến tỉnh, với quy mô 80 giường bệnh. Căn cứ Quyết định số 38/2021/QĐ-UBND ngày 10 tháng 8 năm 2021 của Chủ tịch ủy ban nhân dân tỉnh Hưng Yên về việc quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Bệnh viện Mắt Hưng Yên trực thuộc Sở Y tế. Bệnh viện tổ chức sắp xếp lại và đi vào hoạt động theo mô hình tổ chức mới gồm 07 khoa, phòng chức năng. Bệnh viện có chức năng khám, chữa các bệnh về mắt cho nhân dân trong tỉnh và khu vực, đồng thời có nhiệm vụ quản lý chương trình và tổ chức thực hiện các hoạt động giải phóng mù loà và các bệnh về Mắt tại cộng đồng.

##### ***Bộ máy tổ chức***

- Ban giám đốc: 02 (01 Giám đốc và 01 phó giám đốc).
- Khoa, phòng chức năng: 07 khoa, phòng.
  - + Phòng Kế hoạch tổng hợp - Chỉ đạo tuyến - Điều dưỡng.
  - + Phòng Tổ chức hành chính - Tài chính kế toán.
  - + Khoa Khám bệnh - Cấp cứu - Cận lâm sàng.
  - + Khoa Điều trị tổng hợp - Phẫu thuật - Gây mê hồi sức.
  - + Khoa Ngoại - Phaco.
  - + Khoa Khúc xạ - Tạo hình thẩm mỹ.
  - + Khoa Dược – Vật tư y tế - Kiểm soát nhiễm khuẩn.

##### ***Nhân lực***

Tổng số cán bộ, viên chức và người lao động: 62 người, trong đó (20 nam, 42 nữ), gồm 56 biên chế và 06 hợp đồng 68.

- Cán bộ, viên chức, người lao động: 62, cụ thể như sau.

Bác sĩ: 14 (08 BsCKI, 06 Bs định hướng chuyên khoa).

Điều dưỡng: 23 (17 cử nhân đại học, 05 cử nhân cao đẳng, 01 điều dưỡng trung học).

Kỹ thuật viên xét nghiệm: 02 ( 01 đại học, 01 trung học); Y sĩ: 03; Hộ lý: 01.

Dược sĩ: 07 (01 Dược CKI, 04 đại học, 02 cao đẳng).

Các chuyên ngành khác: 12 ( 09 trình độ đại học, 01 sơ học, 02 khác

Lao động hợp đồng: 06 trong đó lái xe cơ quan 01; nhân viên bảo vệ 02; nhân viên phục vụ 03.

Quy mô của Bệnh viện Mắt Hưng Yên (*bệnh viện hạng 2, quy mô 80 giường bệnh*).

*Đặc trưng nguồn nước thải từ Bệnh viện Mắt Hưng Yên:*

Nước thải bệnh viện ngoài các yếu tố ô nhiễm thông thường như chất hữu cơ, dầu mỡ động thực vật, còn có những chất bản khoáng và hữu cơ đặc thù như các phế phẩm thuốc, các chất khử trùng, các dung môi hóa học, dư lượng thuốc kháng sinh được sử dụng trong quá trình chẩn đoán và điều trị bệnh.

Nước thải Bệnh viện bao gồm 02 nguồn: nước thải y tế và nước thải sinh hoạt:

+ Nước thải y tế: phát sinh từ các phòng khám, phòng phẫu thuật, phòng thí nghiệm, xét nghiệm và các khoa trong bệnh viện. Trong đó nguồn phát sinh bao gồm: pha chế thuốc, tẩy khuẩn, lau chùi dụng cụ y tế, các mẫu bệnh phẩm, rửa vết thương bệnh nhân, nước thải từ các phòng phẫu thuật, phòng xét nghiệm, phòng thí nghiệm, nước thải này chứa nhiều vi khuẩn, các hóa chất, dung môi trong dược phẩm...

+ Nước thải sinh hoạt: Sinh hoạt của bệnh nhân, người chăm sóc bệnh nhân, cán bộ và công nhân của bệnh viện, từ các nhà vệ sinh, giặt giũ, rửa thực phẩm, bát đĩa, từ việc làm vệ sinh phòng bệnh..

Công tác Kiểm soát nhiễm khuẩn và xử lý chất thải của Bệnh viện được thực hiện một cách hiệu quả. Các khoa, phòng đã thực hiện nghiêm Quy chế kiểm soát nhiễm khuẩn và đảm bảo đúng Quy trình về phân loại, quản lý, vận chuyển, tiêu hủy chất thải rắn y tế. Do vậy thành phần chính của nước thải trong Bệnh viện mắt bao gồm:

- + Các chất hữu cơ;
- + Các chất dinh dưỡng;
- + Các chất rắn lơ lửng;
- + Các loại hóa chất và chế phẩm điều trị.

Hiện tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên đang vận hành 01 hệ thống thu gom và xử lý nước thải với công suất vận hành là 50 m<sup>3</sup>/ngày.đêm. Hệ thống xử lý chất thải lỏng được vận hành tốt, không để xảy ra nhiễm khuẩn tại bệnh viện. Với cơ sở vật chất sẵn có và đồng bộ, Viện Kỹ thuật nhiệt đới phối hợp với Bệnh viện Mắt Hưng Yên triển khai mô hình thử nghiệm xử lý nước thải sinh hoạt đặt tại Bệnh viện.





*Hình 1.4.8: Hệ thống xử lý nước thải của Bệnh viện Mắt Hưng Yên  
Luận giải về việc đặt ra mục tiêu và những nội dung cần nghiên cứu của đề tài:*

Nguy cơ gây ô nhiễm môi trường từ nguồn nước thải chưa qua xử lý từ các gia đình, làng nghề, hộ kinh doanh cá thể cũng như các công ty nằm ngoài các khu công nghiệp là rất đáng chú ý. Giải quyết vấn đề này đòi hỏi sự quyết liệt và đồng bộ với sự tham gia phối hợp của các cơ quan chức năng, theo đó Ủy ban nhân dân tỉnh Hưng Yên ban hành Quyết định số 175/QĐ-UBND phê duyệt Đề án "Thu gom, xử lý nước thải sinh hoạt khu dân cư nông thôn trên địa bàn tỉnh Hưng Yên đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045". Mục tiêu của dự án là giảm thiểu ô nhiễm, cải thiện môi trường nông thôn tỉnh Hưng Yên, tạo cảnh quan môi trường sống xanh - sạch - đẹp, bảo vệ sức khỏe người dân, góp phần thực hiện mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội bền vững và xây dựng nông thôn mới nâng cao, nông thôn mới kiểu mẫu. Cải thiện chất lượng nước mặt hệ thống Bắc Hưng Hải, các sông, kênh, mương, ao hồ trên địa bàn tỉnh, đáp ứng yêu cầu về cấp nước sinh hoạt, sản xuất nông nghiệp của người dân. Để đạt được mục tiêu đề ra, việc nghiên cứu lựa chọn công nghệ xử lý nước thải phù hợp với điều kiện kinh tế, qui mô các hộ sản xuất kinh doanh, các công ty vừa và nhỏ là rất cần thiết. Hiện tại công nghệ xử lý nước MBBR được cho là có hiệu quả, thích hợp, tuy nhiên giá thành cao công nghệ cao chủ yếu là do chi phí sản xuất giá thể sinh học còn lớn do nhập khẩu (giá bán trong nước từ 40 đến 60 triệu/m<sup>3</sup>), sản xuất trong nước chưa chủ động. Điều này khiến cho việc áp dụng công nghệ MBBR còn hạn chế, chưa được áp dụng nhiều. Nếu như việc nghiên cứu, chế tạo và làm chủ được công nghệ sản xuất giá thể biochip trong nước thành công, sẽ giảm giá thành xuống, việc áp dụng công nghệ MBBR sẽ trở nên phổ biến hơn.

Trên cơ sở tìm hiểu các nghiên cứu trong nước và quốc tế, đề tài sẽ tập trung chế tạo giá thể xốp trên nền HDPE và phụ gia tạo xốp, đồng thời cải thiện độ xốp và khả năng tương thích tốt với vật liệu sinh học phù hợp với điều kiện nghiên cứu trong nước. Đề tài tập trung nghiên cứu chế tạo giá thể xốp trên nền



PE kết hợp với polyetylen oxit (PEO). Trong đó PEO đóng vai trò cải thiện khả năng tương thích sinh học cho nhựa nền PE, nâng cao khả năng bám dính của vi sinh. Tuy nhiên do phân cực giữa PE và PEO khác nhau có thể gây ra phân tách pha trong quá trình chế tạo. Do vậy, chất tương hợp PEGMA được sử dụng để cải thiện khả năng phân tán của PEO và cải thiện sự kết dính giữa các thành phần của vật liệu.

### **1.5. Nội dung của đề tài**

Nội dung 1: Nghiên cứu chế tạo, khảo sát ảnh hưởng của điều kiện công nghệ và tỷ lệ thành phần đến xốp PE/PEO quy mô phòng thí nghiệm.

Nội dung 2: Nghiên cứu đặc trưng, tính chất, hình thái cấu trúc, tỷ trọng của xốp PE chế tạo được.

Nội dung 3: Tính toán, thiết kế, lắp đặt và vận hành mô hình xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ MBBR qui mô phòng thí nghiệm sử dụng giá thể xốp PE của đề tài.

Nội dung 4: Thử nghiệm đánh giá khả năng xử lý nước thải sinh hoạt qui mô phòng thí nghiệm của giá thể xốp PE của đề tài (các chỉ tiêu chính như: pH, BOD<sub>5</sub>, TSS, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> theo quy chuẩn của tỉnh Hưng Yên).

Nội dung 5: Nghiên cứu chế thử giá thể xốp PE quy mô pilot.

Nội dung 6: Xây dựng, lắp đặt, vận hành thử nghiệm hệ thống xử lý nước thải tại Công ty cổ phần phát triển công nghệ tài nguyên môi trường (DRET), Hưng Yên.

Nội dung 7: Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải của mô hình tại thực địa.

Nội dung 8: Viết báo cáo tiến độ, báo cáo định kỳ, báo cáo sơ kết kết quả thực hiện năm thứ nhất, báo cáo khoa học tổng kết nhiệm vụ, hoàn thiện hồ sơ nghiệm thu nhiệm vụ cấp tỉnh nộp cho cơ quan quản lý nhiệm vụ.

## CHƯƠNG 2: THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Cách tiếp cận

Xuất phát từ thực trạng xử lý nước trên địa bàn tỉnh: theo thông kê chưa đầy đủ, ở tỉnh Hưng Yên có khoảng 35.847,6 m<sup>3</sup>/ngày đêm nước thải từ 07 khu công nghiệp đã được xử lý. Bên cạnh trong tỉnh còn có 33 cụm công nghiệp, 54 làng nghề (bao gồm 17.062 cơ sở), các khu đô thị, dân cư. Theo đánh giá của sở Tài nguyên môi trường, hầu hết các nước thải sinh hoạt phát sinh từ các khu vực này đều chưa được thu gom, xử lý đạt quy chuẩn kỹ thuật môi trường. Đây là thực trạng chung và là nhu cầu cấp thiết để xử lý nguồn nước thải sinh hoạt hiện nay. Trong các công nghệ xử lý nước thải hiện có, công nghệ MBBR được cho là thích hợp để xử lý với hiệu quả cao, đa dạng, phù hợp với các làng nghề, cụm công nghiệp ... Tuy nhiên thách thức hiện nay là giá thành cho công nghệ này vẫn còn cao, trong đó, chi cho việc sử dụng các giá thể sinh học chiếm tỉ lệ lớn. Do vậy, để khuyến khích áp dụng mở rộng mô hình xử lý nước MBBR, thì việc cần thiết là giảm giá thành sản phẩm giá thể sinh học thông qua việc chủ động sản xuất trong nước.

Xuất phát từ các nghiên cứu khoa học: Hiện nay, trong nước mới chỉ chế tạo được các giá thể đơn giản dạng ống, dạng cầu.... Tuy nhiên, việc nghiên cứu chế tạo giá thể vi sinh dạng xốp ở trong nước còn chưa được nghiên cứu đề cập nghiên cứu. Do vậy, việc nghiên cứu chế tạo và thay thế giá thể vi sinh PE xốp nhập khẩu bằng sản phẩm trong nước là vấn đề khả thi có tính khoa học và xuất phát từ nhu cầu thực tế có thể áp dụng tại các cơ sở xử lý nước thải công nghiệp và sinh hoạt tại địa bàn tỉnh Hưng Yên. Trên cơ sở sử dụng thiết bị đùn kết hợp với phụ gia tạo nở hoàn toàn có thể chế tạo giá thể xốp theo công nghệ trong nước.

### 2.2. Kỹ thuật sử dụng

Chế tạo vật liệu xốp trên cơ sở nền PE và PEO có mặt PEgMA theo phương pháp đùn:

- Phương pháp chế tạo vật liệu xốp trên cơ sở nền PE và PEO có mặt PEgMA:

+ Trộn hợp PE/PEO/PEgMA có mặt phụ gia tạo xốp trên máy đùn có 1 trục (Haake Intermixer) ở trạng thái nóng chảy.

+ Đùn – tạo hạt PE có mặt phụ gia tạo xốp trên máy đùn một trục vít xoắn bố trí liên hợp với máy cắt hạt. Nhiệt độ gia công các khoang nhỏ hơn 175 °C

- Phương pháp chế thử sản phẩm:

+ Chế thử sản phẩm xốp được thực hiện trên thiết bị đùn bán công nghiệp có kết hợp hạt hạt PE có mặt phụ gia tạo xốp và PE nguyên sinh để cải thiện khả năng phân tán của sản phẩm.

### **Kỹ thuật sử dụng**

- Kỹ thuật phân tán của polyetylen oxit (PEO) trên nền nhựa polyetylen bằng cách sử dụng chất tương hợp polyetylen ghép anhydrite maleic (PEgMA).

- Sử dụng PEO để cải thiện hiệu quả tương thích, bám dính của giá thể xốp PE với vi sinh.

## **2.3. Thực nghiệm và phương pháp nghiên cứu**

### **2.3.1. Nguyên vật liệu hóa chất**

#### *2.3.1.1. Nguyên liệu hóa chất cho chế tạo giá thể*

Nhựa polyetylen tỉ trọng cao (HDPE) (khối lượng riêng 0,945 g/cm<sup>3</sup>, nhiệt độ nóng chảy 131°C) có chỉ số chảy 1; 5; 10 và 20 g/10 phút tại 190°C được mua từ Công ty hóa chất LG, Hàn Quốc.

Chất tạo nở azodicarbonamide (AC) dạng bột màu vàng, bao gồm: AC 3000F và AC7000F, được cung cấp bởi hãng Kum Yang, Hàn Quốc. AC7000F có thể tích khí giải phóng đạt 65 ml/g khi nhiệt độ dưới 200°C, khi nâng nhiệt độ lên 210°C thể tích khí giải phóng tăng và đạt đến 278 ml/g. AC3000F (đã được xử lý bề mặt) có khoảng nhiệt độ phân hủy từ 120°C – 190°C, thể tích khí giải phóng từ 160 – 180 ml/g.

Sodium bicarbonate (NaHCO<sub>3</sub>) có tên thương mại Bicar Z (Thái Lan), độ tinh khiết > 98%.

Chất chống xẹp Hari 95 có thành phần chính là mono- và di-glycerides từ các axit béo được nhập khẩu từ hãng Rikevita (M) SDN BDH, Malaysia. Hari 95 dạng có khối lượng riêng 0,897 g/cm<sup>3</sup> và điểm chảy trong khoảng từ 60 – 68°C.

Polyetylen oxit (PEO) độ tinh khiết ≥ 99%; Mv: 600000; nhiệt độ chuyển pha 65°C; độ nhớt 4500-8800 cP, tan 5% trong nước tại 23°C.

Axit stearic (Trung Quốc) có độ tinh khiết 99,8 %, khối lượng phân tử 284,48 đvC, khối lượng riêng 0,85 g/cm<sup>3</sup>, điểm nóng chảy 69,6 °C nhiệt độ sôi 383°C.

Bột đá (Việt Nam) có hàm lượng CaCO<sub>3</sub> ≥ 95%, độ trắng > 95%, kích thước hạt từ 0,1 - 5 micromet, khối lượng riêng 2,7 g/cm<sup>3</sup>.

Polyetylen ghép maleic anhydrit (PEgMA, Trung Quốc) có hàm lượng maleic anhydrit là 0,5 %kl, nhiệt độ nóng chảy là 107°C, khối lượng riêng là 0,92 g/cm<sup>3</sup> được.

Phụ gia bôi trơn PE wax (Trung Quốc), dạng vảy, tỉ trọng 0,7-0,9 g/cm<sup>3</sup>; nhiệt độ nóng chảy 60-130°C.

Chất ổn định nhiệt (Trung Quốc) loại Irganox 1010, tinh khiết  $\geq 99\%$ , bột màu trắng, nhiệt độ nóng chảy: 110-125 °C, tỉ khối 1,15 g/ml.

*Hóa chất cho xử lý nước thải sinh hoạt*

Mẫu thử nghiệm được lấy tại hố gom nước thải của Bệnh viện Mắt Hưng Yên vào chai thủy tinh và được bảo quản trong điều kiện lạnh trước khi phân tích như trong Hình 2.1.

Chủng vi sinh gốc Ammonia Microbe-Lift N1 có mật độ vi sinh: 1 – 10x10<sup>8</sup> vi sinh/ml được sản xuất bởi hãng Ecological Laboratories Inc., USA. Microbe-Lift N1 bao gồm hỗn hợp 2 chủng vi sinh vật là *Nitrosomonas sp* (cho chuyển hóa ammonia thành nitrit) và *nitrobacter sp* (cho chuyển hóa nitrit thành nitrat).



Hình 2.1: Lấy mẫu nước thải sinh hoạt tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên.

2.3.1.2. Thực nghiệm

a. Chế tạo giá thể HDPE dạng xốp với tỉ lệ chất tạo nở khác nhau.

Bảng 2.1: Thành phần nguyên liệu chế tạo giá thể PE xốp khảo sát tại các tỉ lệ chất tạo nở khác nhau

Kí hiệu mẫu	Tỉ lệ thành phần (%kl)		
	Hỗn hợp HDPE	AC	Hari95
AC1	98	1	1
AC2	97	2	1
AC3	96	3	1
AC5	94	5	1

Hỗn hợp bao gồm hỗn hợp HDPE (có phụ gia trợ gia công), chất tạo nở và phụ gia chống xẹp có thành phần như thống kê trong Bảng 2.1 được phối trộn cơ học trước khi cho vào trong máy đùn 1 trục vít PolyHaake. Thiết bị đùn 1 trục

vít Haake Rheomix có tốc độ tối đa 400 vòng/phút, đường kính trục vít 30 mm, tỉ lệ L/D là 20. Bộ phân gia nhiệt chia thành 3 khoang nhiệt. Điều kiện gia công như sau: tốc độ trục quay là 50 vòng/phút, nhiệt độ tại các khoang trộn là 140°C, 150°C và 160°C. Hỗn hợp nóng chảy đi qua khuôn tạo xốp có đường kính 30 mm với nhiệt độ khuôn là 170°C. Sau khi được đùn ra, mẫu được làm nguội và cắt thành đĩa xốp dẹt với độ dày  $1 \pm 0,01$  mm.

*b. Chế tạo giá thể HDPE dạng xốp với hàm lượng PEO khác nhau.*

Ban đầu, hỗn hợp gồm nhựa nền HDPE, chất tạo nở AC300 F, Hari 95 (theo các tỉ lệ thành phần đã được khảo sát ở trên), PEGMA, PEO và các phụ gia được trộn đều với nhau. Trong đó, hàm lượng PEO thay đổi từ 1, 3, 5, và 7 %kl so với nhựa nền HDPE. Điều kiện gia công tương tự như trên. Mẫu PEG0 là mẫu đối chứng có thành phần tương tự như mẫu AC2. Hàm lượng PEGMA được lựa chọn với tỉ lệ 0,3%kl. Hình 2.2 và Hình 2.3 mô tả quá trình đùn và tạo xốp trên nền nhựa PE.

*Bảng 2.2: Thành phần nguyên liệu của các mẫu PEG0, PEG1, PEG3, PEG5 và PEG7.*

STT	Nguyên liệu	Phần trăm khối lượng (%kl)				
		PE0	PEG1	PEG3	PEG5	PEG7
1	Nhựa HDPE	89,2	88,2	86,2	84,2	83,2
2	Polyetylenoxit	0	1	3	5	7
3	PEGMA	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
4	Chất tạo nở AC3000 F	2	2	2	2	2
5	Phụ gia bôi trơn wax	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
6	Chất ổn định nhiệt	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
7	Chống xẹp Hari95	1	1	1	1	1
8	Axit stearic	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
9	Bột đá	5	5	5	5	5



*Hình 2.2: Máy đùn và khuôn đùn tạo xốp PE.*



Hình 2.3: Sản phẩm sau khi ra khỏi khuôn đùn và sau khi được cắt.

c. Nghiên cứu xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ MBBR có sử dụng giá thể HDPE/PEO/phụ gia tạo xốp.

#### Nuôi cấy vi sinh trên giá thể

Vi sinh được nuôi cấy lên trên các mẫu giá thể trong bể kính có sục khí, sử dụng nguồn nước thải pha để tạo môi trường ô nhiễm tương tự như nước thải sinh hoạt (ô nhiễm  $\text{NH}_4^+$  ~ 50 mgN/l,  $\text{BOD}_5$  ~ 200 mg/l) có thành phần như sau:

- + Thể tích cần pha 200 lít
- + Hàm lượng hóa chất sau khi pha  $\text{Co} = 50 \text{ mg/l}$  ( $\text{NH}_4^+$  tính theo N)
- + Hàm lượng  $\text{BOD}_5 = 200 \text{ mg/l}$ .



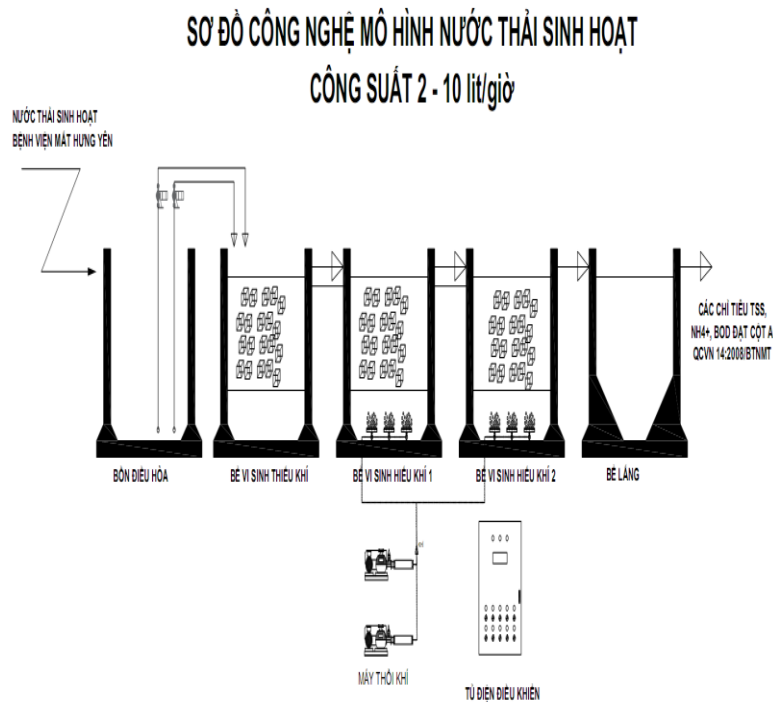
Hình 2.4: Bể nuôi cấy và đánh giá khả năng bám dính vi sinh.

Các mẫu giá thể sau khi được nuôi cấy trong thời gian 30 ngày sẽ được đánh giá khả năng bám dính vi sinh lên trên bề mặt.

Vận hành mô hình xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ MBBR quy mô phòng thí nghiệm sử dụng giá thể xốp PE với công suất xử lý 2 -10 lít/giờ

Các chỉ số đặc trưng cho nước thải sinh hoạt bao gồm: pH,  $\text{BOD}_5$ , TSS,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  và  $\text{PO}_4^{3-}$  sẽ được phân tích theo thời gian, bởi quá trình xử lý vi sinh bằng giá thể xốp PE theo công nghệ MBBR. Sơ đồ công nghệ mô hình xử lý nước thải sinh hoạt có công suất từ 2 – 10 lít/giờ được trình bày như Hình 2.5.





*Hình 2.5: Sơ đồ công nghệ mô hình xử lý nước thải sinh hoạt công suất 2-10 lít/giờ.*

Ban đầu, cấp 200 lít nước thải sinh hoạt lấy từ Bệnh viện mắt Hưng Yên vào bể điều hòa. Kết quả phân tích nước được thể hiện trong Hình 2.6. Tiếp theo, bổ sung 6 lít giá thể vào mỗi bể thiếu khí và hiếu khí. Sau đó bổ sung hàm lượng vi sinh vào bể chứa giá thể theo thời gian.

- + Ngày 1 và 2 sử dụng từ 40 – 80 ml/m<sup>3</sup> (chọn: 60 ml/m<sup>3</sup>)
- + Ngày 3 đến 7 sử dụng từ 10 – 20 ml/m<sup>3</sup> (chọn: 15 ml/m<sup>3</sup>)
- + Ngày 8 đến 30 sử dụng từ 2 – 5 ml/m<sup>3</sup> (chọn: 4 ml/m<sup>3</sup>)

Thể tích của các bể vi sinh của mô hình.

- Thể tích bể thiếu khí: 45 lít (chiều cao hiệu dụng 40 cm/chiều cao tổng là 50 cm) → thể tích hiệu dụng = 36 lít.

- Thể tích bể hiếu khí: 90 lít (chiều cao hiệu dụng 40 cm/chiều cao tổng là 50 cm) → thể tích hiệu dụng = 72 lít.

Vận hành mô hình theo chế độ tự động: bơm định lượng và máy thổi khí được vận hành luân phiên theo 15 phút mỗi máy để đảm bảo cấp nước thải và khí cho vi sinh phát triển, đồng thời đảm bảo tuổi thọ hoạt động của bơm.



## PHIẾU KẾT QUẢ PHÂN TÍCH

**Đơn vị gửi mẫu:** Mai Đức Huynh – Viện Kỹ thuật Nhiệt đới

**Địa chỉ:** Số 18, Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

**Loại mẫu:** Nước thải sinh hoạt lấy tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên

**Số lượng mẫu:** 1 mẫu

**Ngày gửi mẫu:** 15/12/2021 (mẫu do khách hàng mang đến)

Stt	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả phân tích	QCVN (cột A) 14/2008/BTNMT
1	pH	-	6,95	5,0 - 9,0
2	BOD	mgO <sub>2</sub> /l	140	30
3	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	4	50
4	Tổng chất rắn hòa tan (TDS)	mg/l	320	500
5	Sunfua (theo H <sub>2</sub> S)	mg/l	0,03	1,0
6	Amoni (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (theo N)	mg/l	41,5	5,0
7	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (theo N)	mg/l	26,1	30
8	Dầu mỡ động, thực vật	mg/l	0,48	10
9	Tổng các chất hoạt động bề mặt	mg/l	1,17	5,0
10	Photphat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) (theo P)	mgP/l	5,0	6,0
11	Coliform tổng	VK/100 ml	15.100	3.000

**Ghi chú:** - QCVN 14/2008/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về nước thải sinh hoạt

Viện Hóa học xác nhận  
TS. Đỗ Trung Sỹ là Trưởng Phòng  
KT. TRƯỞNG PHÒNG QLTH  
PHÒNG CÔNG NGHỆ VẬT LIỆU VÀ MÔI TRƯỜNG  
VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM  
HÓA HỌC  
Vương Thị Thu Quyên

Hà Nội, ngày 27 tháng 12 năm 2021  
Trưởng Phòng Công nghệ Vật liệu  
và Môi Trường

TS. Đỗ Trung Sỹ

- Kết quả chỉ có giá trị trên mẫu thử và mang tính thời điểm.
- Quá thời hạn lưu mẫu (7 ngày), Phòng Thí nghiệm không giải quyết việc khiếu nại kết quả xét nghiệm.
- Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu.

Hình 2.6: Phiếu phân tích chất lượng nước thải sinh hoạt tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên





Hình 2.7: Mô hình xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ MBBR công suất 2 – 10 lít/giờ.

c. Vận hành mô hình xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ MBBR với công suất 50 lít/giờ (tương đương  $1\text{m}^3$ /ngày đêm) tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên sử dụng giá thể xốp PE.

Mô hình được xử lý nước thải sinh hoạt được đặt tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên sử dụng giá thể vi sinh dạng xốp PE. Nguồn nước đầu vào của mô hình được lấy từ hố gom (sau khi tách mỡ, tự hoại) của bệnh viện Mắt Hưng Yên → Mô hình không cần quá trình xử lý tách mỡ). Nước sau xử lý được hồi lại bể điều hòa của hệ thống xử lý nước thải của Bệnh viện. Công suất của mô hình là  $Q = 1\text{ m}^3/\text{ngày.đêm}$  (tương đương lưu lượng: 50 lít/giờ). Nước qua bể thiếu khí với thời gian lưu là 4 giờ, trong bể hiếu khí là 7 giờ. Sau đó qua bể lọc và chảy quay lại bể điều hòa của Bệnh viện. Mô hình được đặt chế độ vận hành tự động theo phao báo mức với lưu lượng tối đa: 50 lít/giờ (tương đương với  $1\text{m}^3/\text{ngày đêm}$ ), sử dụng 02 chiếc máy sục khí luân phiên theo thời gian đặt của tủ điều khiển.



Hình 2.8: Mô hình xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ MBBR công suất 50 lít/giờ (tương đương  $1\text{m}^3$ /ngày đêm) tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên

## 2.3.2. Các phương pháp nghiên cứu

### 2.3.2.1. Xác định tính chất lưu biến nóng chảy của vật liệu

Đánh giá tính chất lưu biến nóng chảy được thực hiện trên thiết bị Rheomix 610 của hãng Haake (CHLB Đức) với buồng trộn có thể tích là  $69 \text{ cm}^3$  sử dụng 2 trục cánh trộn loại Roller theo tiêu chuẩn ASTM D 2538. Giảm độ lưu biến nóng chảy được ghi lại trên phần mềm Polylab. Trên hình 2.9 là ảnh thiết bị trộn nội kín Haake Rheomix 610. Thí nghiệm được thực hiện tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm KH-CN Việt Nam.



Hình 2.9: Thiết bị trộn nội kín Haake Rheomix 610

### 2.3.2.2. Các tính chất độ bền kéo

Các tính chất đặc trưng cho độ bền kéo bao gồm: độ bền kéo đứt, độ giãn dài khi đứt, modul đàn hồi của vật liệu. Các bước thực hiện đo mẫu trên thiết bị đa năng Zwick Z2.5 (CHLB Đức) với tốc độ kéo  $50 \text{ mm/phút}$ , phù hợp tiêu chuẩn ASTM D412 tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới. Mỗi mẫu được đo lặp lại 5 lần để tìm ra giá trị trung bình. Thiết bị xác định tính chất cơ học Zwick Z2.5 được mô tả trong hình 2.10. Thực nghiệm được tiến hành tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm KH-CN Việt Nam.



Hình 2.10: Máy xác định tính chất cơ học Zwick Z2.5

### 2.3.2.3. Xác định khối lượng riêng và độ xốp

Khối lượng riêng của mẫu sản phẩm HDPE/phụ gia tạo xốp được tính theo công thức:

$$D = \frac{m}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

Trong đó:

m: khối lượng mẫu (g)

V: thể tích hình trụ ( $V = \pi r^2 \cdot h$ , trong đó: h là độ cao hình trụ).

Như vậy bằng cách cắt các mẫu vật liệu cần xác định khối lượng riêng dưới dạng hình trụ với chiều dài 5 cm và bán kính là 1,5 cm. Sau đó cân khối lượng của mẫu đo và áp dụng công thức (1).

Độ xốp là giá trị được sử dụng để mô tả khoảng trống hoặc lượng không gian trống có trong một mẫu nhất định..

$$\text{Độ xốp} = \frac{V_{kk}}{V_t} \times 100\% \quad (2)$$

Trong đó:  $V_{kk}$  là thể tích khoảng trống trong mẫu vật liệu

$V_t$  là thể tích tổng của cả khối mẫu vật liệu.

Xác định  $V_{kk}$  bằng cách nhúng giá thể (đường kính 30 mm và độ dày 1mm) vào ống đong có chứa nước. Sử dụng hút chân không để loại bỏ không khí bên trong các lỗ xốp và xác định phần thể tích tăng lên. Lấy thể tích mẫu ban đầu trừ đi thể tích tăng lên thu được  $V_{kk}$ . Thực nghiệm được tiến hành tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm KH-CN Việt Nam.

### 2.3.2.4. Phương pháp phân tích phổ hồng ngoại

Phổ hồng ngoại được sử dụng để xác định các nhóm chức có trong vật liệu. Thiết bị hồng ngoại biến đổi Fourier NEXUS 670 (Mỹ) được sử dụng để ghi phổ FT-IR hình 2.11, tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới với các điều kiện sau: chế độ phản xạ, độ phân giải  $4 \text{ cm}^{-1}$ , số lần quét 16 lần, giải sóng từ  $4000 \text{ cm}^{-1} - 400 \text{ cm}^{-1}$ .



Hình 2.11: Máy đo phổ hồng ngoại NEXUS 670 (Mỹ).

### 2.3.2.5. Phân tích nhiệt trọng lượng (TGA)

Phương pháp này ghi lại sự thay đổi khối lượng của mẫu HDPE/PEO/phụ gia tạo xốp theo điều kiện gia nhiệt trong môi trường không khí. Thiết bị TGA

209F, Netzsch – Đức phân tích biến thiên khối lượng mẫu sử dụng các thành phần phụ gia khác nhau. Các thí nghiệm này được thực hiện trên máy tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới, tốc độ gia nhiệt 10°C/phút, trong điều kiện không khí, từ nhiệt độ 25 - 600°C (Hình 2.12).



Hình 2.12: Máy phân tích nhiệt TGA 209F Netzsch – Đức

### 2.3.2.6. Phương pháp phân tích kính hiển vi điện tử quét (SEM)



Hình 2.13: Thiết bị hiển vi điện tử quét (SEM)

Kính hiển vi điện tử quét (SEM) được sử dụng để phân tích hình thái cấu trúc của các mẫu xốp HDPE/PEO/phụ gia tạo xốp và đánh giá sự phát triển vi sinh trên các mẫu xốp khác nhau. Các mẫu được phân tích trên thiết bị JMS-6510LV, Jeol (Nhật Bản) đặt tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới, như Hình 2.13.

### 2.3.2.7. Xác định diện tích bề mặt riêng

Diện tích giá thể xốp PE được xác định trên thiết bị Tristar II, Micromeritics, tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới. Mẫu được sấy khô tại 50 °C, trong điều kiện hút chân không đến khối lượng không đổi trong 16 giờ. Diện tích bề mặt riêng có thể được xác định bằng đường đẳng nhiệt hấp phụ theo lý thuyết BET (Brunauer-Emmett-Teller). Lượng phân tử đơn lớp bị hấp phụ ( $\text{cm}^3(\text{STP}) \text{g}^{-1}$ ) được biểu thị bằng thể tích phân tử khí cần thiết để bao phủ tất cả các bề mặt rắn, tại điều kiện tiêu chuẩn (273.15 K, 100kPa). Diện tích bề mặt riêng của vật liệu  $S_{\text{BET}}$  được tính bằng diện tích mặt cắt ngang của các phân tử chất hấp phụ trên bề mặt vật liệu khi quy đổi ra lượng phân tử khí. Tiết diện hấp phụ phụ thuộc vào tương tác giữa vật liệu và chất hấp phụ và vào nhiệt độ hấp phụ. Giá trị  $\sigma = 0,162 \text{ nm}^2$  thường được sử dụng cho các phân tử  $\text{N}_2$ .

$$\frac{P}{V(P_0 - P)} = \frac{C - 1}{CVm} \cdot \frac{P}{P_0} + \frac{1}{CVm}$$



Trong đó:

P<sub>0</sub>: áp suất ban đầu.

P: áp suất tại thời điểm t.

V: Lượng hấp phụ tại áp suất P.

V<sub>m</sub>: Lượng hấp phụ đơn lớp.

$$C = e^{(q_1 - q_L)/RT}$$

q<sub>1</sub>: nhiệt lượng hấp phụ tại lớp đầu tiên

q<sub>L</sub>: Nhiệt lượng ngưng tụ

σ: diện tích bề mặt cắt ngang phân tử (0,162 nm<sup>2</sup> cho phân tử N<sub>2</sub>)

$$S_{\text{BET}} = \frac{Vm}{22414} \cdot 6.02 \times 10^{23} \times \sigma \cdot 10^{-18}$$

2.3.2.8. *Xác định sự thay đổi khối lượng của giá thể trong môi trường pH khác nhau.*

Các điều kiện pH khác nhau được khảo sát lần lượt tại các giá trị 1, 3, 7, 9 và 13. Sau khi xác định khối lượng ban đầu của giá thể biochip được đưa vào các môi trường với các giá trị pH tương ứng như trên. Quá trình này được theo dõi liên tục trong 72 giờ.



Hình 2.14: *Môi trường thử nghiệm với các giá trị pH tương ứng.*



Hình 2.15: *Máy lắc tròn HY-5 Manoeuvre Style Vibrator trong phòng thí nghiệm.*

Máy lắc tròn HY-5 Manoeuvre Style Vibrator trong phòng thí nghiệm được sử dụng với mục đích để các giá thể sinh học được đảo đều trong môi trường thử nghiệm cũng như hiệu quả ảnh hưởng của môi trường thử nghiệm tới các giá thể là như nhau (Hình 2.15).

### 2.3.2.9. Góc tiếp xúc

Góc tiếp xúc với nước được đo bằng thiết bị đo góc tiếp xúc OCA 50 Hãng Dataphysics - Đúc sử dụng kích thước giọt thử nghiệm là 5  $\mu$ L. Thí nghiệm được tiến hành tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới.

### 2.3.2.10. Xác định khả năng bám dính vi sinh.

Hàm lượng vi sinh được xác định theo phương pháp khối lượng, bằng cách tính %kl của giá thể trước và sau khi nuôi cấy vi sinh.

$$\text{Hàm lượng vi sinh (\%kl)} = \frac{Mv - Mo}{Mo} \times 100$$

Trong đó:

Mo: khối lượng của giá thể ban đầu (g)

Mv: khối lượng của giá thể sau 30 ngày nuôi cấy vi sinh, được sấy khô đến khối lượng không đổi (g).

### 2.3.2.11. Phương pháp xác định mật độ phân bố lỗ xốp

Phương pháp xác định mật độ phân bố lỗ xốp được thực hiện trên thiết bị kính hiển vi soi nổi SZ61 hãng Olympus, Nhật Bản với tỉ lệ phóng đại 6,7:1 kết hợp với phần mềm phân tích J-image để thống kê đường kính lỗ xốp.

### 2.3.2.12. Phân tích chất lượng nước thải sau xử lý

Nước thải sinh hoạt được phân tích theo các tiêu chuẩn TCVN 6492:2011 (xác định pH), TCVN 6001:2008 (phân tích nhu cầu sinh hóa oxy BOD), TCVN 6625:2000 (tổng chất rắn lơ lửng TSS), TCVN 5988:1995 (hàm lượng amoni), TCVN 7323 (Hàm lượng nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )). Nước thải sau xử lý phải đáp ứng QC ĐP 01:2019/HY.

Bảng 2.3: Bảng chỉ tiêu nước thải sinh hoạt đầu ra theo QCVN 14:2008/BTNMT và QC ĐP 01:2019/HY

TT	Thông số	Đơn vị	QCVN 14:2008/BTNMT	QC ĐP 01:2019/HY
			Cột A	Với K =1 và $K_{hv} = 0,95$
1.	pH	-	5 - 9	5- 9
2.	BOD <sub>5</sub> (20 °C)	mg/l	30	28,5
3.	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	50	47,5
4.	Tổng chất rắn hòa tan	mg/l	500	475
5.	Sulfua (tính theo H <sub>2</sub> S)	mg/l	1	0,95
6.	Amoni (tính theo N)	mg/l	5	4,75
7.	Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )(tính theo N)	mg/l	30	28,5
8.	Dầu mỡ động, thực vật	mg/l	10	9,5
9.	Tổng các chất hoạt động bề mặt	mg/l	5	4,75
10.	Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) (tính theo P)	mg/l	6	5,7
11.	Tổng Coliforms	MPN/100 ml	3000	3000

### CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ thành phần đến đặc trưng tính chất của giá thể.

##### 3.1.1. Ảnh hưởng của chỉ số chảy (MF) của nhựa tới các đặc trưng xốp PE

Bảng 3.1: Các đặc trưng của xốp PE khi thay đổi giá trị MFI của nhựa PE.

Tên mẫu	Tỉ trọng (g/cm <sup>3</sup> )	Độ xốp (%)
MF 1	0,65	32,27
MF 5	0,50	48,94
MF 10	0,51	47,91
MF 20	0,57	40,93

Để lựa chọn được loại nhựa phù hợp cho chế tạo mẫu xốp PE, trong nghiên cứu này, nhựa PE có các chỉ số chảy khác nhau 1, 5, 10, 15 và 20 (g/10 phút) được sử dụng. Hàm lượng chất tạo xốp AC3000F được cố định là 3 %kl (so với PE), các thành phần phụ gia khác là giống nhau giữa các mẫu.

Bảng 3.1 trình bày các đặc trưng của xốp PE bao gồm tỉ trọng và độ xốp. Từ kết quả thu được cho thấy, tỉ trọng giảm dần từ 0,65 g/cm<sup>3</sup> xuống còn 0,57 g/cm<sup>3</sup> sử dụng có nhựa có chỉ số chảy tăng dần. Ngược lại, độ xốp của mẫu lại tăng từ 32,27% lên 48 % khi mẫu có chỉ số chảy tăng dần. Điều này có thể thấy, chỉ số chảy ảnh hưởng rõ đến sự thay đổi đặc trưng của xốp. Chỉ số chảy càng cao thì tạo thành các lỗ xốp càng dễ dàng hơn, do độ nhớt của vật liệu giảm. Tuy nhiên, nếu nhựa có chỉ số chảy cao, khả năng định hình theo khuôn giảm dần, mẫu khó giữ được cấu trúc theo khuôn và có xu hướng bị xẹp và nhăn.



Kích thước lỗ xốp (mm)	Mật độ phân bố
< 0,25	20
0,25-0,5	56
0,5-1,0	21
1,0-2,0	16
2,0-3,0	5
> 3,0	2

Hình 3.1: Cấu trúc xốp của mẫu sử dụng nhựa MFI=1.



Kích thước lỗ xốp (mm)	Mật độ phân bố
< 0,25	11
0,25-0,5	58
0,5-1,0	21
1,0-2,0	8
2,0-3,0	1
> 3,0	1

Hình 3.2: Cấu trúc xốp của mẫu sử dụng nhựa MFI=5.



Kích thước lỗ xốp (mm)	Mật độ phân bố
< 0,25	8
0,25-0,5	20
0,5-1,0	17
1,0-2,0	32
2,0-3,0	6
> 3,0	4

Hình 3.3: Cấu trúc xốp của mẫu sử dụng nhựa MFI=10.



Kích thước lỗ xốp (mm)	Mật độ phân bố
< 0,25	3
0,25-0,5	6
0,5-1,0	11
1,0-2,0	30
2,0-3,0	36
> 3,0	14

Hình 3.4: Cấu trúc xốp của mẫu sử dụng nhựa MFI=20.

Hình 3.1 đến 3.4 bề mặt cấu trúc xốp của các mẫu xốp PE với các chỉ số chảy khác nhau. Các mẫu có chỉ số chảy thấp (MFI = 1 và 5) cho thấy các lỗ xốp đồng đều với dạng hình tròn có đường kính phân bố chủ yếu trong khoảng 0,25-0,5 mm. Khi chỉ số chảy MFI tăng, các lỗ xốp có xu hướng tạo thành lớn hơn, do độ nhớt giảm. Mật độ phân bố của các lỗ xốp này tập trung chủ yếu trong khoảng từ 1 đến 3 mm. Đặc biệt trên mẫu sử dụng MFI = 20 còn xuất hiện các lỗ xốp có đường kính lớn hơn 3 mm, chạy sâu trong mẫu. Điều này có thể ảnh hưởng tới quá trình hình thành sản phẩm cuối cùng, bởi các lỗ xốp lớn gây khó khăn trong việc giữ và bám dính vi sinh lên trên bề mặt, đặc biệt trong điều kiện làm việc giá thể được đảo trộn và va đập với nhau.



Dựa vào các kết quả về độ xốp, tỷ trọng, đã lựa chọn được mẫu PE có chỉ số chảy MFI = 10 để chế tạo làm giá thể PE xốp cho các khảo sát tiếp theo.

### 3.1.2. Lựa chọn phụ gia tạo xốp thích hợp làm giá thể PE xốp

Trong nghiên cứu này, các phụ gia tạo xốp bao gồm: sodium bicarbonate (SB), AC3000F và AC7000F được lựa chọn với tỉ lệ đưa vào là 3%kl so với nhựa nền PE.

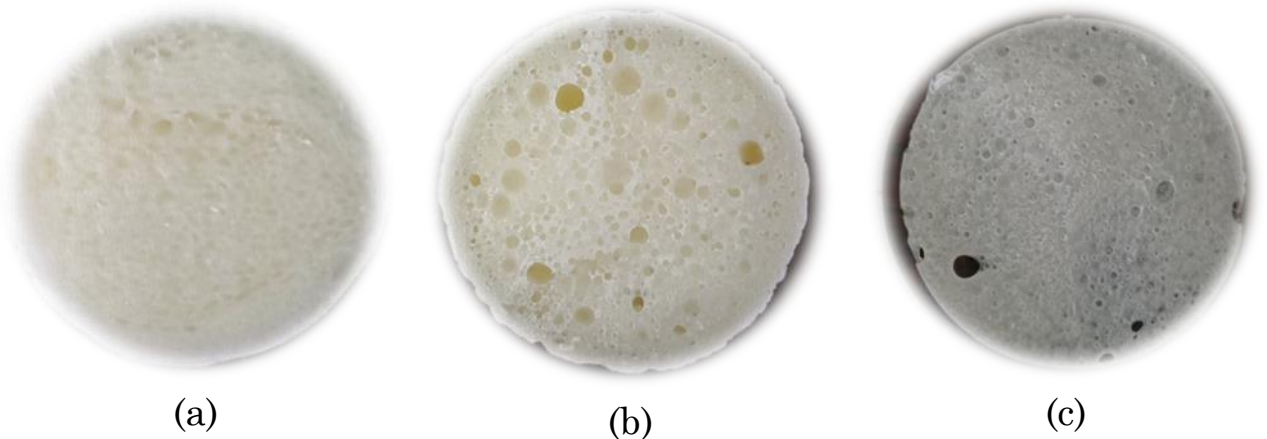
Bảng 3.2 cho thấy ảnh hưởng của phụ gia tạo xốp tới tỉ trọng, độ xốp của các mẫu giá thể PE xốp. Đối với mẫu PE - SB mẫu có độ có tỉ trọng cao nhất và độ xốp nhỏ nhất, chứng tỏ khả năng tạo xốp của SB trong nhựa nền PE kém hơn so với AC3000F và AC7000F. So sánh hai dòng nở của azodicarbonamide, AC3000F có khả năng tạo xốp cho nhựa nền PE tốt đạt giá trị 48,94%, trong khi mẫu PE – AC7000F có độ xốp thấp hơn 44,94%. Kết quả này tương ứng với tỉ trọng của mẫu PE – AC3000F thấp hơn so với mẫu PE – AC7000F.

*Bảng 3.2: Ảnh hưởng của phụ gia tạo xốp tới tỉ trọng, độ xốp và co ngót khuôn của mẫu.*

Tên mẫu	Tỉ trọng (g/cm <sup>3</sup> )	Độ xốp (%)
PE - SB	0,78	37,762
PE – AC3000F	0,50	48,94
PE – AC7000F	0,51	44,94

Quan sát ảnh của các mẫu xốp trên Hình 3.5 cho thấy, mẫu xốp PE – AC 3000 có kích thước lỗ xốp đồng đều với đường kính lỗ xốp tập trung chủ yếu trong khoảng từ 0,25-0,5 mm, đường kính các lỗ xốp tương đối đồng đều và không có sự chênh lệch đáng kể. Điều này có thể do AC3000F có thể phân hủy trong vùng nhiệt độ gia công thấp (170°C) với khối thể tích khí có thể giải phóng từ 160 – 180 ml/g, mặt khác ở vùng nhiệt độ này, nhựa PE có độ nhớt tương đối cao, do vậy các bọt khí đồng đều hơn, ít tạo thành các bọt khí có đường kính lớn hơn. Trong khi mẫu xốp PE – AC7000F có lỗ xốp có đường kính dịch chuyển về phía có kích thước lớn hơn trong khoảng 1-3 mm. Quan sát trên Hình 3.5 (b) xuất hiện nhiều bọt khí to có đường kính lớn hơn 3 mm. Điều này do quá trình phân hủy AC7000F cần nhiệt độ cao. Ví dụ, tại 200°C với thể tích khí giải phóng của AC7000F đạt 65 ml/g, khi nâng nhiệt độ lên 210°C thể tích khí giải phóng tăng đột ngột và có thể đạt tới 278 ml/g. Do vậy khi phối trộn với nhựa nền PE cần nhiệt độ đủ lớn (~ 210°C) để đảm bảo hiệu suất giải phóng khí. Với nhiệt độ cao, PE có độ nhớt giảm gây ra hiện tượng các bọt khí kết tụ vào nhau, hình thành các bọt khí có kích thước lớn trong nền nhựa PE, như đã thấy trong Hình 3.4 (b). Đối với mẫu sử dụng SB khả năng tạo khí kém hơn, do vậy mẫu có độ xốp thấp hơn so với 2 mẫu còn lại. Các đặc trưng về phân bố

kích thước lỗ xốp của các mẫu được trình bày chi tiết trong Bảng 3.3. Từ bảng kết quả cho thấy, mẫu PE-AC3000F có mật độ phân bố kích thước chủ yếu nằm trong khoảng từ 0,25-1 mm. Trong khi mẫu PE-AC7000F có xu hướng dịch chuyển đến kích thước lớn hơn 1mm. Các mẫu PE – SB có kích thước lỗ khá nhỏ nhưng độ xốp thấp. Từ các kết quả thu được, phụ gia tạo xốp AC 3000F được lựa chọn làm phụ gia chế tạo giá thể xốp PE.



Hình 3.5: Ảnh sản phẩm của mẫu xốp (a) PE – AC3000F, (b) PE – AC7000F và (c) PE – SB.

Bảng 3.3: Mật độ phân bố kích thước lỗ xốp của các mẫu PE – AC3000F, PE – AC7000 và PE - SB

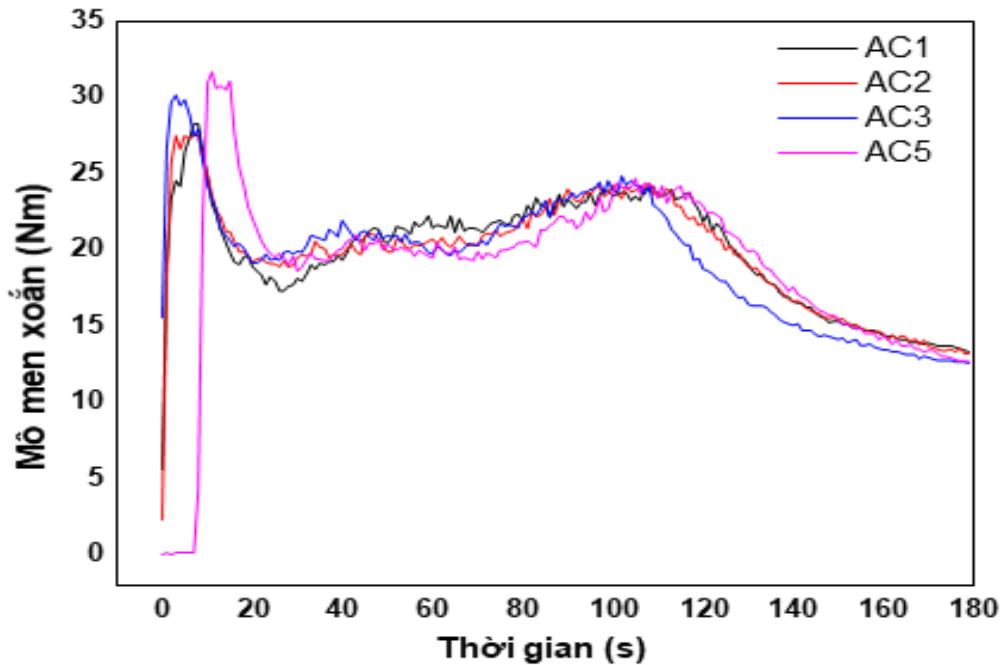
Kích thước lỗ xốp (mm)	Mật độ phân bố		
	PE-AC3000F	PE-AC7000F	PE - SB
< 0,25	11	3	42
0,25-0,5	58	9	20
0,5-1,0	21	8	4
1,0-2,0	8	31	14
2,0-3,0	1	37	16
> 3,0	1	12	4

### 3.1.3. Ảnh hưởng của tỉ lệ chất tạo xốp đến đặc trưng vật liệu PE xốp.

#### 3.1.3.1. Đặc trưng mô men nóng chảy.

Giá trị mô men xoắn trên thiết bị trộn Haake được xác định theo thời gian trộn, nó đặc trưng cho độ nhớt, và ma sát trộn nội của “dòng chảy” vật liệu trong buồng trộn [30]. Từ giá trị mô men xoắn nhận được có thể đánh giá sự thay đổi vật lý hoặc hóa học như khả năng nóng chảy, phản ứng khâu mạch của nguyên liệu đầu vào trong khi trộn, từ đó lựa chọn được các thông số (thời gian, nhiệt độ và tốc độ trục quay) phù hợp. Các thông số này là cơ sở để tham khảo khi thiết lập trên dây chuyền sản xuất. Hình 3.6 ghi lại sự thay đổi mô men xoắn ở trạng thái nóng chảy của các mẫu HDPE với hàm lượng AC3000F khác nhau. Ban

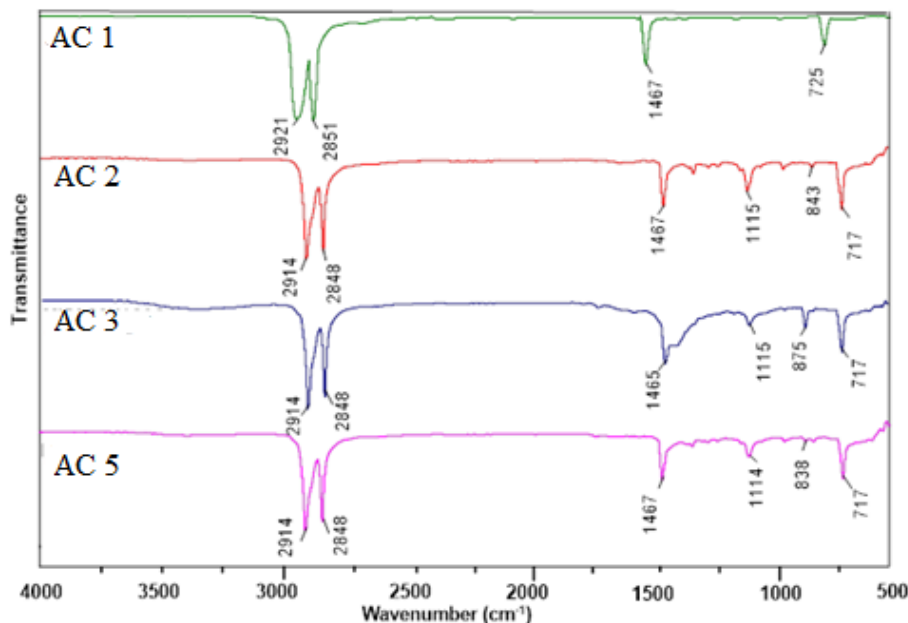
đầu, các nguyên liệu được nạp buồng trộn, giá trị mô men xoắn đạt cực đại ngay sau khi đóng buồng trộn do chuyển động hỗn loạn của dòng vật liệu ban đầu và ma sát giữa trục trộn với các thành phần nguyên liệu trong buồng trộn. Dưới tác động của nguồn nhiệt gia công và dòng nguyên liệu chuyển động dần ổn định, mô men xoắn bắt đầu giảm dần [30].



Hình 3.6: Mô men xoắn ở trạng thái nóng chảy của AC1, AC2, AC3 và AC5.

Quan sát trên Hình 3.6 cho thấy, mô men xoắn của mẫu HDPE/phụ gia tạo xốp giảm đến cực tiểu trong khoảng từ 20 đến 40 giây sau khi nạp liệu, trước khi tăng lên. Lúc này, khi các nguyên liệu nhận được nguồn nhiệt vừa đủ, các phụ gia tạo xốp bắt đầu phản ứng, phân hủy các khí và hình thành lên lỗ xốp trong nền nhựa HDPE. Điều này làm cho thể tích mẫu tăng, dẫn tới mô men xoắn của mẫu HDPE/phụ gia tạo xốp tăng dần. Mô men xoắn của vật liệu đạt cực đại thứ 2 ở khoảng 100 giây tương ứng với quá trình giải phóng khí từ phản ứng phân hủy AC xảy ra hoàn toàn. Nếu tiếp tục phối trộn, mô men xoắn giảm dần do các lỗ xốp bị phá hủy do trục quay, làm giảm độ xốp của vật liệu do đó, mô men xoắn giảm. Ở đây, hàm lượng của phụ gia tạo xốp có ảnh hưởng không đáng kể đến mô men xoắn cực đại của vật liệu. Điều này có được giải thích là do hàm lượng thể tích mẫu đưa vào chỉ chiếm 75 % thể tích buồng trộn do vậy, lượng khí sinh ra một phần thoát ra buồng trộn, làm giảm ảnh hưởng của hàm lượng AC. Trong phần này, thời gian trộn trong máy đùn cần duy trì trong nhỏ hơn 100 giây trước khi ra đến khuôn định hình để thu được mẫu có độ xốp cao.

### 3.1.3.2. Phổ FT-IR.

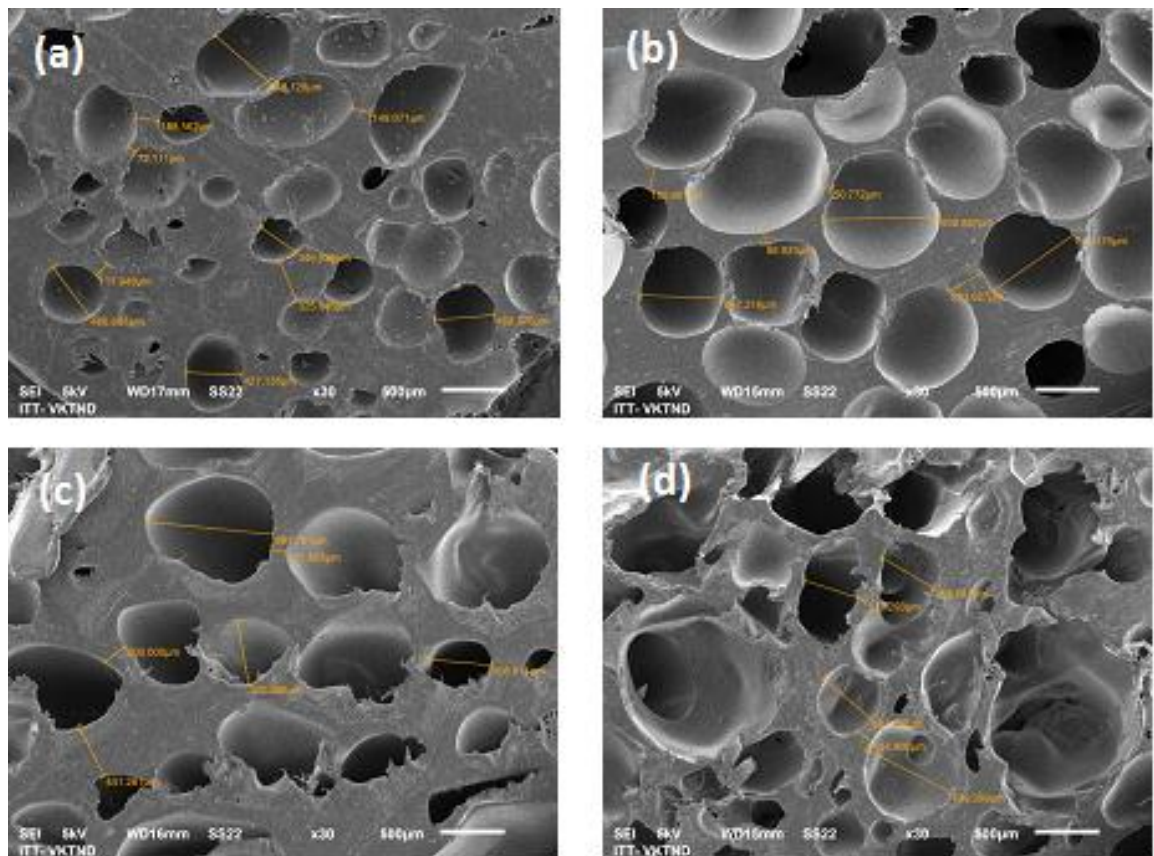


Hình 3.7: Phổ IR của các mẫu sử dụng hàm lượng phụ gia tạo xốp khác nhau

Phổ FT-IR của các mẫu AC1, AC2, AC3 và AC5 với hàm lượng phụ gia tạo nở thay đổi được ghi lại trên Hình 3.7. Với mẫu AC1 đã quan sát được các đặc trưng dao động liên quan đến các nhóm chức của nhựa nền HDPE trong phổ FT-IR. Cụ thể, dao động tại số sóng  $2919\text{ cm}^{-1}$  và  $2851\text{ cm}^{-1}$  gắn với dao động hóa trị bất đối xứng và đối xứng của nhóm  $\text{CH}_2$ . Dao động có số sóng tại  $1468\text{ cm}^{-1}$  và  $1370\text{ cm}^{-1}$  là của dao động biến dạng của nhóm  $\text{CH}_2$  và nhóm  $\text{CH}_3$  đầu mạch, tương ứng. Ngoài các dao động kể trên, còn quan sát thấy dao động có số sóng tại  $725\text{ cm}^{-1}$  được cho là dao động biến dạng con lắc của nhóm  $\text{CH}$  [31]. Như vậy, trên phổ FT-IR của mẫu AC1 không thấy phụ gia tạo nở còn dư. Trên phổ IR của các mẫu AC2, AC3 và AC5 xuất hiện một số pic trong vùng từ  $1113\text{ cm}^{-1}$  đến  $879\text{ cm}^{-1}$  gắn với liên kết C-N và N-H có trong nhóm chức của chất tạo nở AC [32]. Cường độ pic của các nhóm chức này tăng dần theo hàm lượng AC sử dụng. Điều này chứng tỏ khi chất tạo nở  $\geq 2\%$  sẽ còn dư lại trong các mẫu giá thể.

### 3.1.3.3. Hình thái cấu trúc

Hình 3.8 là ảnh SEM chụp mặt cắt các mẫu giá thể sử dụng các tỉ lệ thành phần phụ gia tạo xốp khác nhau. Trong hình 3.8a, mẫu AC1 có các lỗ xốp nhỏ và cách xa nhau với đường kính lỗ xốp nằm trong khoảng từ  $300 - 400\text{ }\mu\text{m}$ . Vách ngăn giữa các lỗ xốp có chiều dày khá lớn từ  $100 - 200\text{ }\mu\text{m}$ .



Hình 3.8: Ảnh SEM chụp mặt cắt mẫu xốp: (a) AC1; (b) AC2; (c) AC3; (d) AC5

Với mẫu AC2, các lỗ xốp thu khá tròn và đồng đều với kích thước lỗ xốp đạt được từ 650 đến 900  $\mu\text{m}$  (Hình 3.8b). Vách ngăn giữa các lỗ xốp có chiều dày trong khoảng 50 - 150  $\mu\text{m}$  là do hàm lượng chất tạo nở vừa đủ để hình thành nên các lỗ xốp cách đều nhau.

Khi tăng hàm lượng AC lên 3%kl (Hình 3.8c), mật độ lỗ xốp tăng dần, nhưng khoảng cách giữa các lỗ xốp vẫn được đảm bảo, nên chúng vẫn giữ được sự đồng đều về kích thước cũng như hình dạng. Đường kính các lỗ xốp là từ 500 $\mu\text{m}$  đến 900 $\mu\text{m}$ . Bên cạnh đó, giữa các lỗ xốp bắt đầu có tác động đến nhau nên các lỗ xốp không được tròn như trong mẫu AC2.

Hình 3.8d là ảnh SEM chụp mặt cắt mẫu xốp AC5. Kết quả cho thấy, mật độ các lỗ xốp tăng, độ dày giữa các vách ngăn lỗ xốp giảm khi so sánh với các mẫu có hàm lượng AC thấp hơn. Bắt đầu xuất hiện các lỗ xốp lớn hơn, điều này dẫn tới phân bố kích thước của các lỗ xốp này nằm trong khoảng khá rộng từ 500  $\mu\text{m}$  đến 1500  $\mu\text{m}$  do với lượng lớn chất tạo nở được sử dụng khi phân hủy tạo ra lượng khí lớn hơn nhiều. Do đó dẫn đến các lỗ xốp tạo thành có kích thước lớn hơn và sâu hơn. Bên cạnh đó, lượng lớn các khí giải phóng cũng dẫn tới các lỗ xốp này còn có hiện tượng hợp thành hoặc liên thông với nhau.

Từ kết quả SEM nhận được có thể khẳng định mẫu AC2 có cấu trúc xốp đồng đều và ổn định hơn các mẫu còn lại.

### 3.1.3.4. Đặc trưng độ bền kéo

*Bảng 3.4: Độ bền cơ học của các mẫu xốp sử dụng hàm lượng AC khác nhau*

Tên mẫu	Mô đun đàn hồi (kPa)	Độ dẫn dài khi đứt (%)	Độ kéo đứt lớn nhất (kPa)
AC1	46687,90	30,46	3556,05
AC2	45031,39	28,17	2883,80
AC3	13518,55	12,45	1137,53
AC5	11323,83	10,09	1001,37

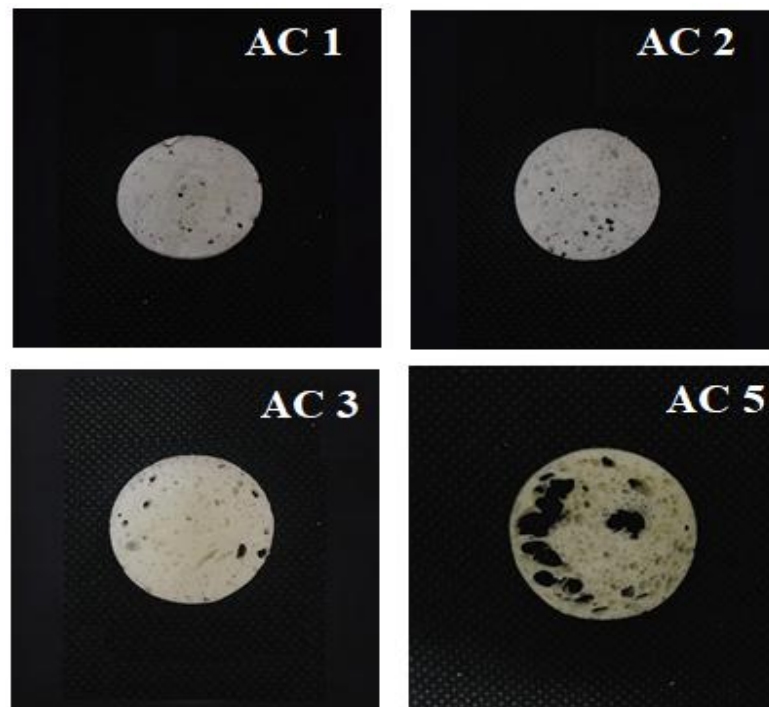
Các giá thể nằm trong các bể xử lý thường xuyên va đập với nhau, chịu mài mòn do môi trường và va chạm với thành bể do dòng chuyển động gây ra bởi bơm sục khí, dẫn tới các giá thể dễ bị vỡ và ăn mòn nhanh hơn. Đánh giá độ bền cơ học của giá thể là cơ sở để chọn được mẫu có độ bền kéo cao, độ dẻo dai tốt nhờ đó có thể mở rộng thời gian làm việc của mẫu HDPE/phụ gia tạo xốp. Bảng 3.4 thể hiện các đặc trưng độ bền kéo của các mẫu giá thể với tỉ lệ thành phần AC thay đổi từ 1%kl đến 5%kl. Từ Bảng 3.4 cho thấy, độ bền kéo của các mẫu HDPE/phụ gia tạo xốp giảm dần khi tăng tỉ lệ thành phần AC từ 1%kl lên đến 2%kl. Điều này có được là do mật độ lỗ xốp, các vách ngăn giữa lỗ xốp dày, tính liên tục trong cấu trúc được đảm bảo dẫn tới độ bền kéo của mẫu giảm chậm dần so với nhựa nền HDPE. Khi tăng hàm lượng AC, mật độ lỗ xốp tăng, dẫn tới tính liên kết trong cấu trúc giá thể giảm, dẫn tới độ bền kéo của các mẫu HDPE/phụ gia tạo xốp giảm. Tại 5%kl AC, độ bền kéo đứt của mẫu chỉ còn 1001,37 kPa (28,1% so với mẫu AC1). Tương tự, mô đun đàn hồi và độ dẫn dài khi đứt của các mẫu AC1 và AC2 cũng cho thấy sự thay đổi không đáng kể giữa hai tỉ lệ 1%kl AC và 2%kl AC. Khi vượt qua tỉ lệ 2%kl AC, mô đun đàn hồi và độ dẫn dài khi đứt của các mẫu AC3 và AC5 giảm mạnh do mật độ lỗ xốp tăng và độ dày vách của các lỗ xốp giảm. Điều này cho thấy sự tương đồng với cấu trúc thu được của các mẫu HDPE/phụ gia tạo xốp từ ảnh SEM.

### 3.1.3.5. Độ xốp và khối lượng riêng.

*Bảng 3.5: Khối lượng riêng và độ xốp của xốp HDPE ở các tỉ lệ hàm lượng phụ gia khác nhau*

Tên mẫu	Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	Độ xốp (%)
AC1	0,72	23,29
AC2	0,65	30,21
AC3	0,50	46,17
AC5	0,30	67,87





Hình 3.9: Các mẫu giá thể với các hàm lượng phụ gia chất tạo xốp khác nhau

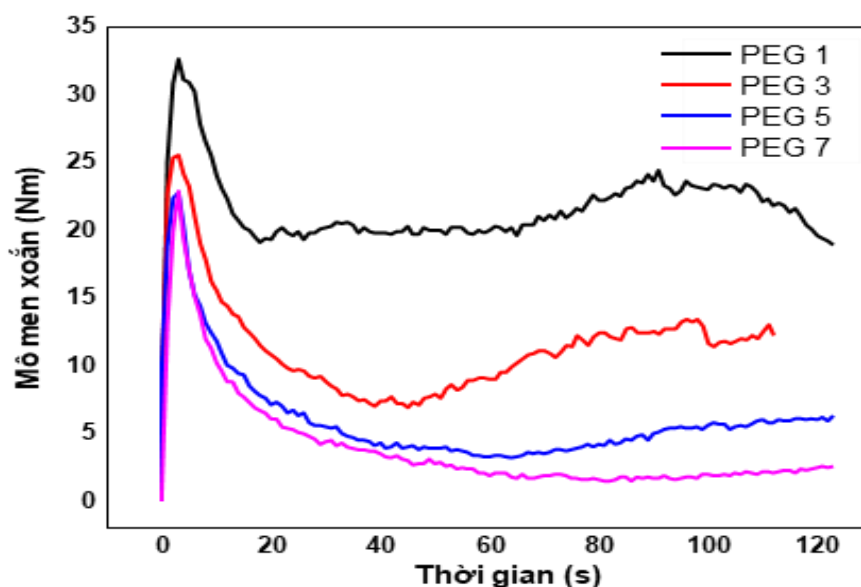
Bảng 3.5 thể hiện kết quả khối lượng riêng và độ xốp của giá thể chế tạo với các hàm lượng phụ gia tạo xốp khác nhau. Khi hàm lượng AC3000F tăng dần từ 1 đến 5%kl, khối lượng riêng giảm trong khi độ xốp của giá thể tăng dần. Ví dụ, mẫu AC1 có khối lượng riêng đạt giá trị lớn nhất là  $0,72 \text{ g/cm}^3$ , trong khi mẫu AC5 đạt là  $0,30 \text{ g/cm}^3$  thấp nhất trong các mẫu. Khi tăng hàm lượng của phụ gia tạo xốp dẫn đến tăng độ xốp và giảm khối lượng riêng của mẫu. Các kết quả này được cho là logic với ảnh SEM thu được của giá thể thu được trong hình 3.9. Sự thay đổi độ xốp và tỉ trọng có ảnh hưởng đến tải trọng và hiệu quả hoạt động của giá thể. Các mẫu có tỉ trọng thấp và độ xốp cao thường có xu hướng nổi mạnh hơn, do vậy có thể tiếp xúc với nước thải sẽ bị hạn chế hơn. Nếu như tỉ trọng cao và độ xốp thấp, thì mật độ vi sinh bám trên bề mặt sẽ thấp, ảnh hưởng tới hiệu suất xử lý của giá thể. Do vậy, trong thương mại, tỉ trọng của các giá thể thường được giữ trong khoảng từ  $0,60 \text{ g/cm}^3$  đến  $0,90 \text{ g/cm}^3$  để đảm bảo khả năng di chuyển, đảo trộn trong nước, giúp cải thiện khả năng chuyển động cũng như đảm bảo độ xốp cho vi sinh sinh trưởng trên bề mặt mẫu HDPE/phụ gia tạo xốp.

Với các kết quả đạt được, tỉ lệ 2%kl AC3000F là thích hợp để chế tạo giá thể vi sinh dạng đĩa dẹt ốp PE bằng công nghệ MBBR nhờ độ bền cơ học tốt, độ xốp tương đối cao và khối lượng riêng nằm trong khoảng  $0,6 - 0,9 \text{ g/cm}^3$ . Do vậy, mẫu AC2 được lựa chọn cho các nghiên cứu sâu hơn.

### 3.2. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng PEO đến tính chất, cấu trúc của xốp PE tạo thành.

Trong nghiên cứu này, phụ gia PEO được sử dụng để cải thiện khả năng bám dính vi sinh của giá thể PE xốp. Để cải thiện sự phân tán của PEO trong nền nhựa PE, chất tương hợp PEGMA đã được sử dụng.

#### 3.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng PEO ghép đến momen xoắn khi chế tạo mẫu xốp.



Hình 3.10: Giảm dần mô men xoắn nóng chảy của các mẫu PE xốp sử dụng hàm lượng PEO khác nhau

Nghiên cứu này để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng PEO đưa vào (tỉ lệ 1, 3, 5 và 7 %kl) đến khả năng nóng chảy và tạo xốp của nhựa nền PE.

Trên Hình 3.10 cho thấy, các giảm dần mô men xoắn quan sát của các mẫu khi thay đổi tỉ lệ PEO. Xu hướng biến đổi của mô men xoắn tương tự như các mẫu chỉ sử dụng AC3000F. Sau khi cho nguyên liệu vào buồng trộn, mô men xoắn tăng dần và ổn định trong khoảng từ giây thứ 40 đến giây thứ 100. Sự tạo thành bọt xốp trong buồng trộn dẫn tới làm tăng thể tích nguyên liệu, do vậy giá trị mô men xoắn tăng dần. Khi tỉ lệ thành phần PEO đưa vào tăng dần, mô men xoắn của PE xốp tạo thành giảm dần. Sự có mặt của PEO giúp cho gia công hỗn hợp HDPE/phụ gia tạo nở trở nên dễ dàng hơn và nhờ đó năng lượng trộn được giảm và giảm sự hao mòn trục.

Từ Bảng 3.6 cho thấy thời gian phản ứng tạo xốp của mẫu PE tăng dần, trong khi mô men xoắn và năng lượng trộn giảm dần theo hàm lượng PEO đưa vào. Các kết quả này có thể được giải thích là do sự có mặt của PEO với trọng lượng phân tử thấp hơn nhiều so với nhựa nền PE đã làm giảm độ nhớt của hỗn hợp nguyên liệu trong buồng trộn, nhờ đó làm giảm mô men xoắn, năng lượng trộn của nguyên liệu đưa vào.



*Bảng 3.6: Đặc trưng nóng chảy của các mẫu xốp PE tại các hàm lượng PEO khác nhau tại thời gian 100 giây phối trộn*

Kí hiệu mẫu	Momen xoắn (N,m)	Năng lượng (kJ)
PEG 1	22,7	12,94
PEG 3	13,4	7,99
PEG 5	6,1	5,36
PEG 7	2,3	3,54

### 3.2.2. Ảnh hưởng của hàm lượng phụ gia PEO tới tỷ trọng và độ xốp của vật liệu

Tỷ trọng và độ xốp của các mẫu xốp PE có mặt PEO được tóm tắt trên Bảng 3.7. PEO gây ra giảm khối lượng riêng của giá thể từ  $0,65\text{g/cm}^3$  xuống còn  $0,43\text{g/cm}^3$  khi thêm 7 %kl PEO. Trong khi độ xốp tăng từ 30,21% lên 64,11 % khi hàm lượng PEO tăng.

*Bảng 3.7: Khối lượng riêng và độ xốp của mẫu PE sử dụng các hàm lượng PEO khác*

Tên mẫu	Khối lượng riêng ( $\text{g/cm}^3$ )	Độ xốp (%)
<b>PEG0</b>	<b>0,64</b>	<b>31,42</b>
<b>PEG1</b>	<b>0,63</b>	<b>35,12</b>
PEG3	0,61	40,48
PEG5	0,55	45,52
PEG7	0,43	64,11

Sự mặt của PEO có thể ảnh hưởng đến tạo bọt khí trên nền HDPE do PEO có độ chảy mềm thấp khó giữ được cấu trúc xốp tạo thành. Cấu trúc tạo thành có xu hướng kết tụ các bọt khí nhỏ để tạo thành lên các lỗ lớn hơn hoặc bọt khí bị vỡ như Hình 3.11.



PEO



PEG1



PEG3



PEG5



PEG7

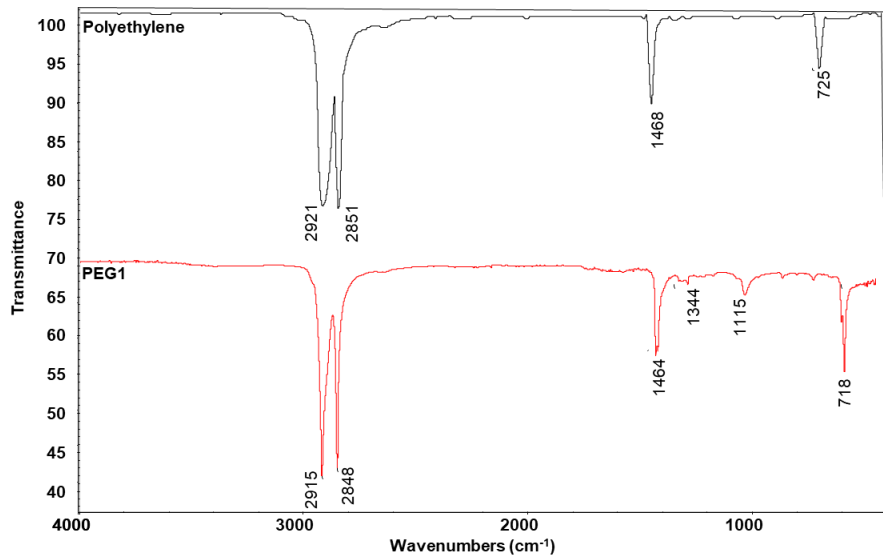
Hình 3.11: Ảnh bề mặt cắt của các mẫu xốp PE tại các tỉ lệ PEO khác nhau

Như trên Hình 3.11 cho thấy tại các tỉ lệ sử dụng PEO thấp 1 và 3%kl, cấu trúc lỗ xốp tạo thành vẫn giữ được hình dạng và độ đồng đều kích thước. Khi tỉ lệ PEO vượt qua 3 %kl, hình thái cấu trúc các lỗ xốp có sự thay đổi khá rõ ràng, lỗ xốp với kích thước khác nhau làm lỗ xốp kém đồng đều hơn. Các lỗ xốp lớn xuất hiện làm cấu trúc bị suy yếu, ảnh hưởng tới độ bền của xốp.

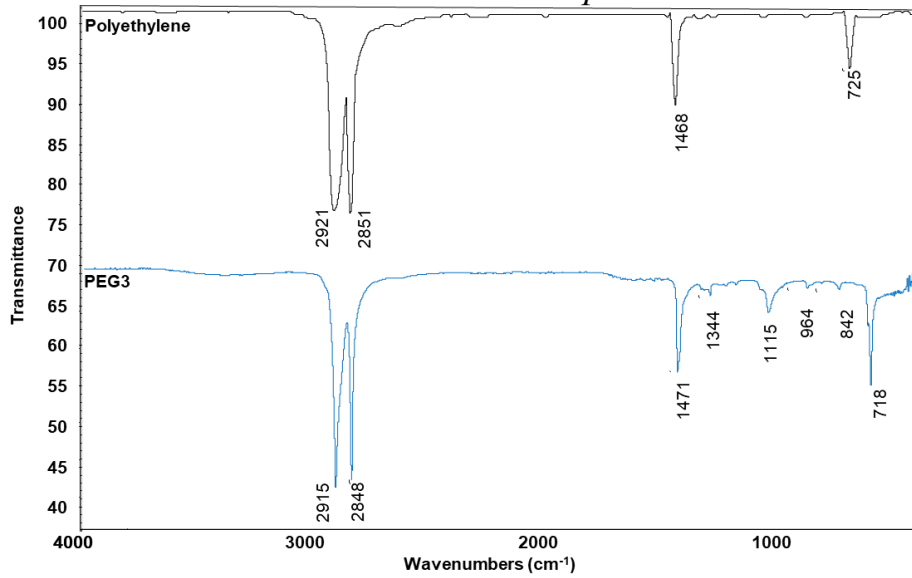
### 3.2.3. Phân tích phổ hồng ngoại FT-IR của vật liệu

Phổ FT-IR của các mẫu xốp PE/PEO/phụ gia tạo xốp với các hàm lượng thành phần khác nhau được thể hiện trong Hình 3.12-3.15. Các dao động của các nhóm chức trong các mẫu được thống kê ở Bảng 3.8. Bên cạnh các số sóng đặc trưng cho liên kết  $\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-}$  trong HDPE được quan sát tại  $2921\text{ cm}^{-1}$ ,  $2851\text{ cm}^{-1}$ ,  $1468\text{ cm}^{-1}$  và  $725\text{ cm}^{-1}$ , phổ IR của các mẫu PEG1 còn xuất hiện một số pic mới khi so sánh với PEG0. Cụ thể, trên phổ IR của mẫu PEG1 và PEG3 xuất hiện dao động mới tại số sóng  $1115\text{ cm}^{-1}$  được cho là của dao động hóa trị của nhóm chức C-O trong PEgMA và PEO (Hình 3.12 và Hình 3.13). Phổ FT-IR của mẫu PEG5 và PEG7 có mặt các số sóng mới là dao động hóa trị của liên kết C=O và C-O. Khi tăng hàm lượng PEO trong mẫu, cường độ các pic là dao động của nhóm chức C-O gây ra tăng. Hơn nữa, ở các hàm lượng 5 và 7 % PEO, có thể quan sát rõ dao động tại  $1242\text{ cm}^{-1}$  và  $1006\text{ cm}^{-1}$  tương ứng dao động hóa trị của nhóm C-O.

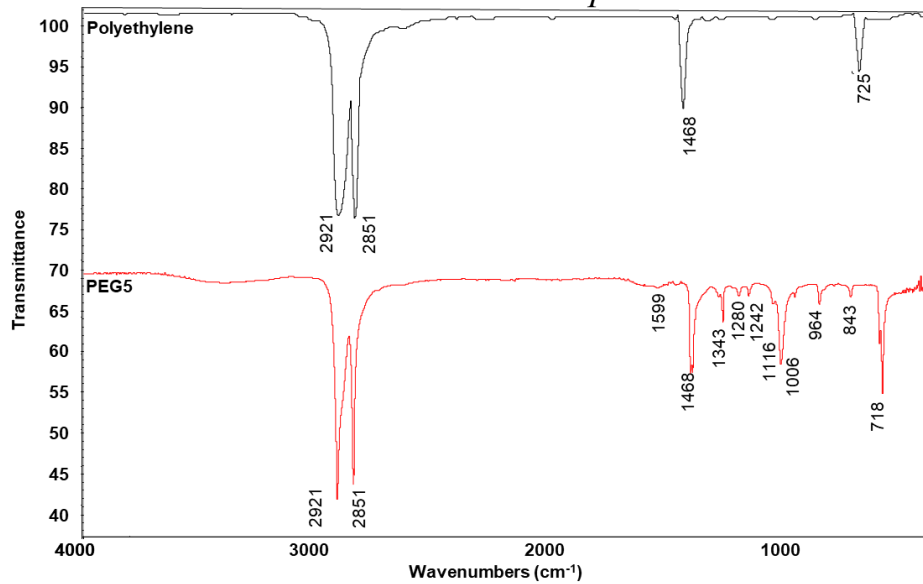
Từ phổ FT-IR của các mẫu xốp PE/PEO được tóm tắt trong Bảng 3.8, cũng thấy các dao động biến dạng và dao động ngoài mặt phẳng của liên kết  $\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-}$  có sự dịch chuyển nhẹ so tương ứng trên phổ FT-IR của mẫu HDPE. Điều này có thể giải thích bởi PEgMA đã thúc đẩy sự phân tán của PEO vào trong nền HDPE, các chất này đã tương hợp với nền PE, làm cho vị trí các pic dao động dịch chuyển. Rõ ràng, PEgMA cải thiện sự tương tác giữa các thành phần trong mẫu xốp PE/PEgMA/PEO.



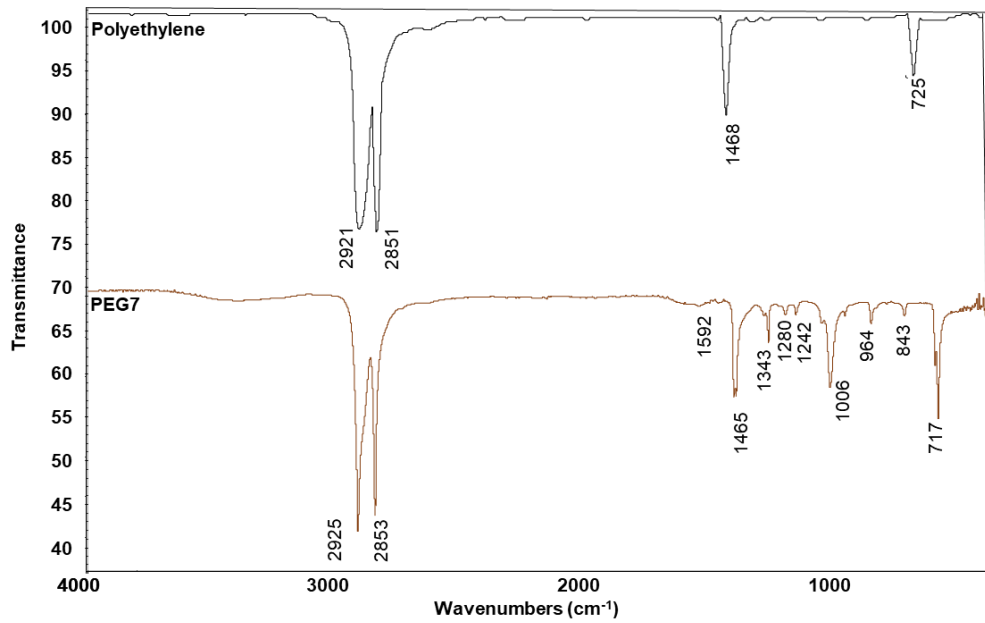
Hình 3.12: Phổ FT-IR của mẫu xốp PEG0 và PEG1



Hình 3.13: Phổ FT-IR của mẫu xốp PEG0 và PEG3



Hình 3.14: Phổ FT-IR của mẫu xốp PEG0 và PEG5

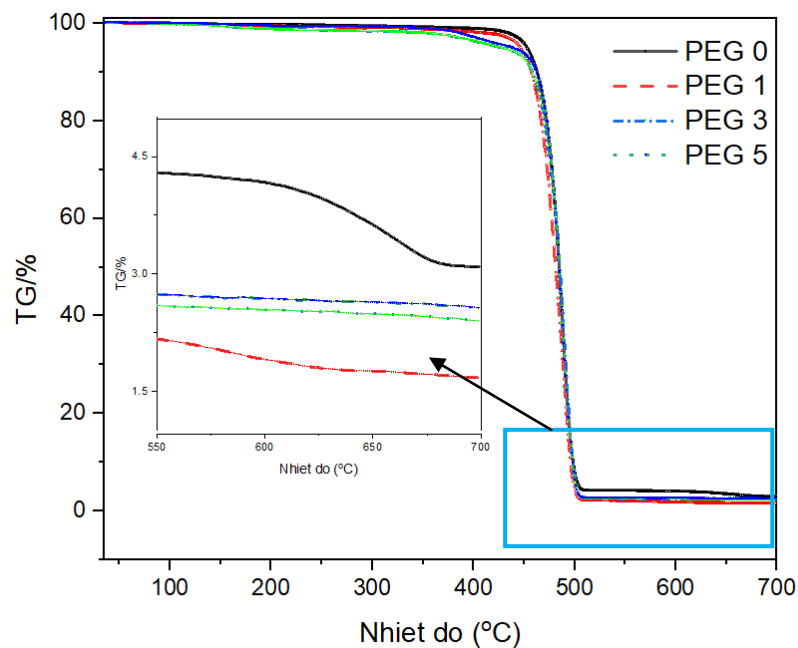


Hình 3.15: Phổ FT-IR của mẫu xốp PEG0 và PEG7.

Bảng 3.8: Một số dao động của các nhóm chức trong các mẫu PE/PEO/phụ gia tạo xốp

Dao động	PEG0	PEG1	PEG3	PEG5	PEG7
$\nu_{\text{CH no}}$	2921 2851	2915 2948	2915 2848	2921 2851	2925 2853
$\delta_{\text{CH no}}$	1468	1464	1471	1468	1465
$\gamma_{\text{CH no}}$	725	718	718	718	717
$\nu_{\text{C-O}}$	-	1115	1115	1242 1006	1242 1006
$\nu_{\text{C=O}}$	-	-	-	1599	1592

### 3.2.4. Phân tích nhiệt



Hình 3.16: Giảm đồ TGA của mẫu xốp PEG0, PEG1, PEG3 và PEG5

Hình 3.16 là giản đồ TG và DTG của các mẫu xốp PE/PEO/phụ gia tạo xốp với các tỷ lệ thành phần khác nhau. Bảng 3.9 trình bày các đặc trưng nhiệt của các mẫu xốp này.

Quan sát Hình 3.16 cho thấy kết quả biến đổi khối lượng của mẫu PEG0 tương tự với các mẫu xốp PE/PEgMA/PEO. Với khoảng từ nhiệt độ môi trường lên 450°C, sự mất khối lượng mẫu xảy ra do các phần hữu cơ có trọng lượng phân tử nhẹ phân hủy. Đối với PEG0, khối lượng mẫu trong khoảng nhiệt độ này hầu như không thay đổi, có thể do chất tạo nở không còn dư (hoặc không đáng kể) trong mẫu. Đối với các mẫu có bổ sung PEgMA/PEO, khối lượng của các mẫu bị suy giảm trong khoảng này xảy ra rõ hơn do sự phân hủy của PEgMA và PEO kém bền nhiệt hơn.

Quá trình phân hủy xảy ra mạnh từ 460°C đến 500°C do nhựa nền HDPE với khối lượng suy giảm lên tới 96,92 % – 98,33%. Sự mất khối lượng của mẫu trong khoảng nhiệt độ này là do sự phân hủy đứt mạch các chuỗi C-C trong đại phân tử PE. Dưới tác dụng của nhiệt độ cao, các chuỗi C-C trong mạch đại phân tử PE bị phân hủy thành các phân tử có khối lượng nhỏ như H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C... Sau khoảng 500°C, sự mất khối lượng xảy ra chủ yếu do sự “than hóa” các lớp hữu cơ còn lại.

*Bảng 3.9: Các đặc trưng nhiệt của PE và mẫu xốp PE/PEO chế tạo ở các tỷ lệ nhựa nền khác nhau*

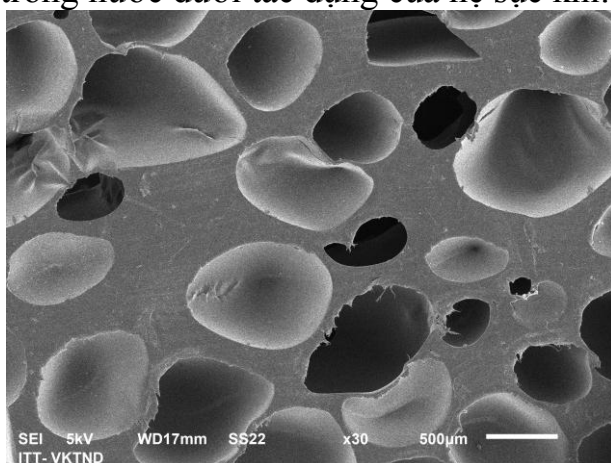
Mẫu	Nhiệt độ bắt đầu phân hủy (°C)	Nhiệt độ kết thúc phân hủy (°C)	Mất khối lượng ở 500°C (%)	Nhiệt độ phân hủy cực đại (°C)
PEG0	471,6	497,5	96,92	487,7
PEG1	463,9	498,5	98,33	489,9
PEG3	370,2	499,5	97,65	488,8
PEG5	361,3	498,0	97,44	487,3

Từ Bảng 3.9 cho thấy, PEO làm giảm khá nhanh nhiệt độ bắt đầu phân hủy do từ 471,5°C đối với mẫu PE0 xuống còn 361,3°C đối với mẫu PEG5. Trong khi nhiệt độ phân hủy cực đại và nhiệt độ kết thúc quá trình phân hủy của các mẫu còn lại thay đổi không đáng kể, cho nhựa nền PE chiếm khối lượng chính. Tuy nhiên, sự có mặt của PEgMA và PEO dẫn tới khối lượng mất nhiều hơn so với mẫu PEG0 ban đầu do phần MA và PEO là các chất dễ bị phân hủy nhiệt hơn so với PE. Đường DTG của mẫu PEG0 chỉ có 1 pic phân hủy cực đại ứng với sự cắt mạch các chuỗi hydrocarbon của mạch đại phân tử PE. Mẫu PEG1, PEG3 và PEG5 cũng xuất hiện 1 pic phân hủy cực đại, tuy nhiên có thêm 1 pic

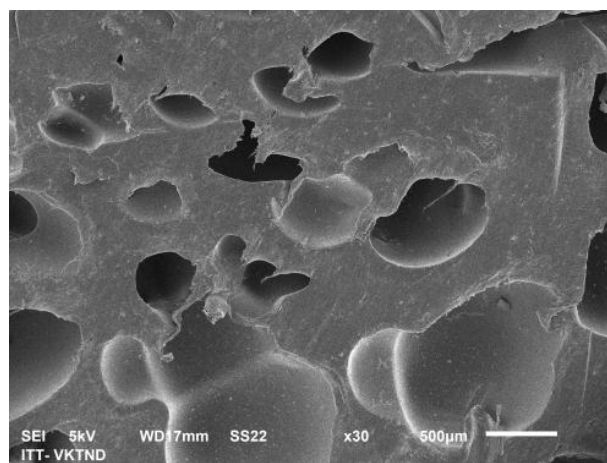
nhỏ xuất hiện ở vùng nhiệt độ thấp hơn, tương ứng với sự phân hủy của PEG và MA.

### 3.2.5. Hình thái cấu trúc

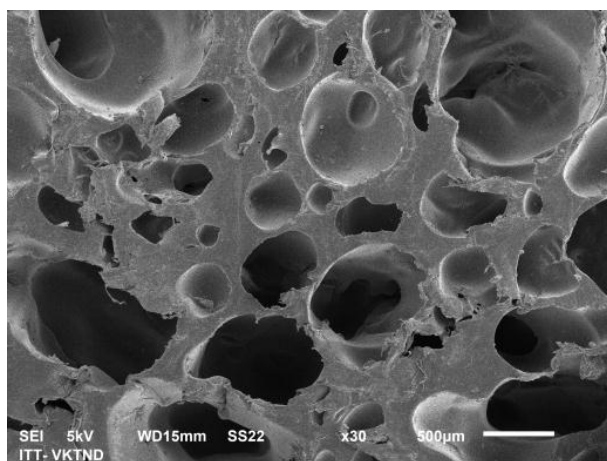
Hình 3.17 là ảnh SEM chụp mặt cắt của các mẫu PE/PEgMA ở độ phóng đại 30 lần. Quan sát ảnh SEM cho thấy, cấu trúc mẫu PEG0 được cấu tạo từ các lỗ xốp với đường kính 200-600  $\mu\text{m}$ . Trong khi các mẫu PE/PEgMA có các cấu trúc xốp phân bố trong khoảng rộng hơn từ 50-500  $\mu\text{m}$ . Nhiều lỗ xốp nhỏ xuất hiện có thể là do độ nhớt thấp của PEgMA và PEO gây ra. Khi tăng hàm lượng hỗn hợp này lên, trong trường hợp của mẫu PEG3 và PEG5 xuất hiện nhiều lỗ xốp lớn và liên kết với nhau. Hình thái cấu trúc này phù hợp với khối lượng riêng và độ xốp thu được của các mẫu giá thể. Khi đưa polyetylen oxit vào trong mẫu, độ xốp có xu hướng tăng dần. Tuy nhiên nếu mẫu càng xốp thì khối lượng riêng càng nhỏ, dẫn tới giá thể dễ dàng nổi lên trên bề mặt, chúng khó đảo đều và di chuyển bên trong nước thải. Điều này sẽ hạn chế khả năng xử lý ô nhiễm của giá thể. Trong một số sản phẩm thương mại nước ngoài, khối lượng riêng của giá thể giữ trong khoảng từ 0,6 – 0,8  $\text{g}/\text{cm}^3$  để đảm bảo khả năng di chuyển trong nước dưới tác dụng của hệ sục khí.



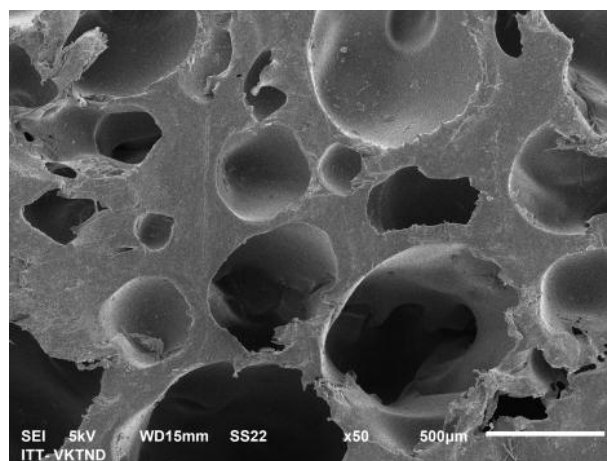
PEG0



PEG1



PEG3



PEG5

Hình 3.17: Ảnh SEM bề mặt các mẫu PE0, PEG1, PEG3 và PEG5 ở độ phóng đại 30 lần

### 3.3. Ảnh hưởng của pH đến sự thay đổi khối lượng xốp PE

Đối với nước thải mỗi vùng, mỗi khu vực, mỗi khu công nghiệp lại có đặc trưng riêng về độ pH. Ví dụ như đều cùng là nước thải công nghiệp nhưng nước thải dệt nhuộm sẽ có độ pH khác so với nước thải cao su, hoặc cùng một loại nước thải nhưng sử dụng hóa chất khác nhau và tải lượng khác nhau thì độ pH cũng không giống nhau. Do vậy, cần có đánh giá ảnh hưởng của độ pH đến chất lượng của giá thể này.

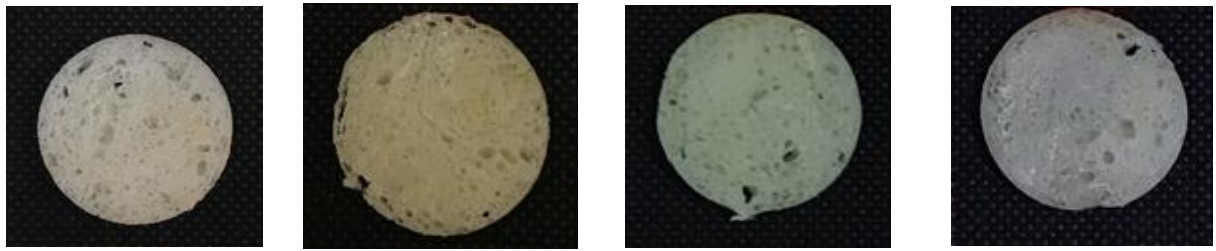
Bảng 3.10 trình bày sự thay đổi khối lượng trước và sau khi thử nghiệm của các giá thể khác nhau. Từ kết quả cho thấy, các giá thể đều có sự suy giảm khối lượng tại các điều kiện pH khác nhau. Trong đó, sự suy giảm khối lượng rõ rệt nhất được ghi nhận đối với các mẫu ngâm trong môi trường bazơ mạnh pH =13, tiếp theo môi trường axit mạnh pH =1. Môi trường trung tính ghi nhận sự thay đổi không đáng kể với khối lượng tổn hao nhỏ hơn 0,56%kl. Các mẫu giá thể PE xốp có chứa hàm lượng PEO cao có xu hướng mất khối lượng nhiều hơn điều này có thể do sự hòa tan mạnh của PEO trong môi trường khắc nghiệt. Sự hòa này có thể tạo ra các lỗ xốp nhỏ trên bề mặt của giá thể, nhờ đó có thể giúp vi sinh bám dính tốt hơn.

*Bảng 3.10: Sự thay đổi khối lượng của mẫu PEG0, PEG1, PEG3 và PEG5 trong môi trường pH khác nhau*

Tên mẫu	Sự suy giảm khối lượng (%kl)			
	PEG0	PEG1	PEG3	PEG5
pH 1	1,02	1,43	3,22	3,26
pH 3	0,12	0,16	0,87	0,91
pH 7	0,07	0,10	0,54	0,56
pH 9	0,24	1,13	1,46	1,43
pH 13	0,30	2,90	3,81	5,78

Sự thay đổi màu sắc của các loại giá thể trước và sau khi thử nghiệm ở các môi trường khác nhau axit, bazơ và trung tính được thể hiện cảm quan qua các hình ảnh mẫu vật tại Hình 3.18. Từ Hình 3.18 quan sát thấy, môi trường thử nghiệm có ảnh hưởng ít nhiều đến sự thay đổi màu sắc của vật liệu. Sự thay đổi này được quan sát rõ nhất trong môi trường axit với pH = 1, sau khi ngâm mẫu chuyển sang màu vàng nhẹ, do sự oxy hóa của axit mạnh. Trong khi môi trường bazơ và trung tính không ảnh hưởng đến màu sắc của giá thể.





Ban đầu

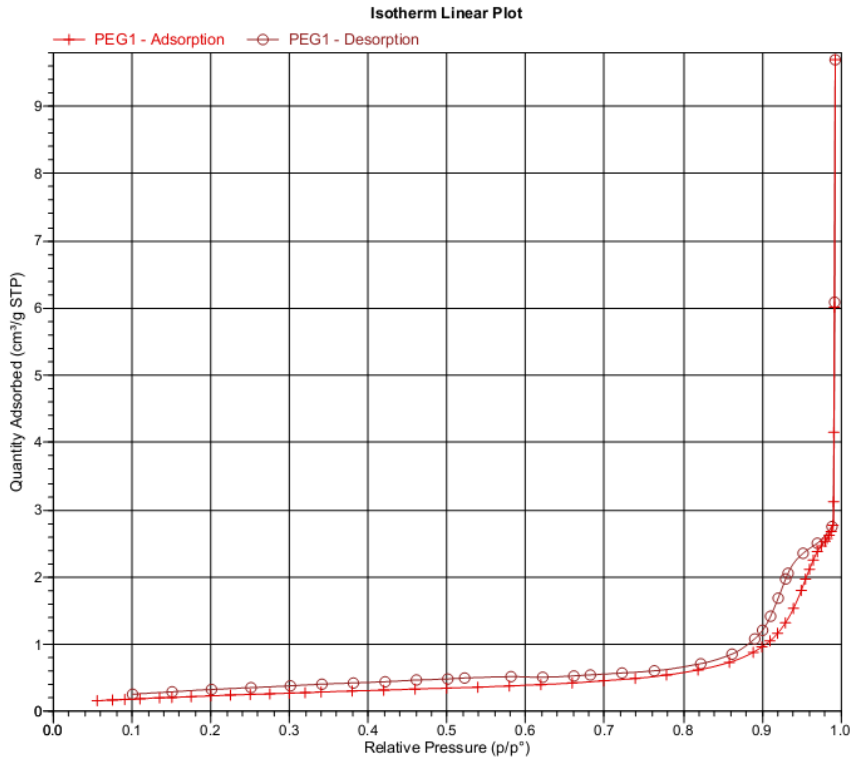
pH=1

pH=7

pH = 13

Hình 3.18: Hình ảnh trước và sau khi thử nghiệm các môi trường khác nhau của mẫu chứa hàm lượng ghép

### 3.4. Đánh giá sự thay đổi diện tích bề mặt của mẫu



Hình 3.19: Giản đồ hấp thụ và giải hấp nito của mẫu PEG1

Diện tích bề mặt riêng có thể được xác định bằng đường hấp phụ đẳng nhiệt theo phương pháp đa lớp. Trên hình 3.19, cho thấy đường đẳng nhiệt hấp phụ - giải hấp  $N_2$  điển hình của vật liệu xốp hở thuộc kiểu II theo phân loại của IUPAC, thông qua các đường đẳng nhiệt hấp phụ nito ở 77,35 K. Ảnh hưởng của hàm lượng PEO đến đặc trưng diện tích bề mặt được trình bày trên Bảng 3.11. Theo số liệu có được, diện tích bề mặt của mẫu PEG0 ban đầu có diện tích là  $0,0155 \text{ m}^2/\text{g}$  theo phương pháp tính diện tích bề mặt đơn điểm, trong khi so với giá trị thu được bằng phương trình BET, diện tích bề mặt tăng hơn đạt giá trị  $0,0173 \text{ m}^2/\text{g}$ . Khi đưa PEO vào giá thể xốp, diện tích bề mặt có xu hướng tăng nhẹ. Trong đó, mẫu sử dụng 3 %kl PEO đưa vào, diện tích bề mặt đơn điểm là  $0,0235 \text{ m}^2/\text{g}$ , trong khi diện tích tính theo phương trình BET là  $0,0250 \text{ m}^2/\text{g}$ . Khi quy đổi theo đơn vị thể tích  $\text{m}^3$  (150 kg giá thể tương đương với  $1 \text{ m}^3$ ), diện tích bề mặt nằm trong khoảng từ  $2595 \text{ m}^2$  đến  $3766 \text{ m}^2$ . Khi tăng hàm lượng PEO



vào cao hơn nữa, diện tích bề mặt dẫn tới sự suy giảm. Điều này có thể do PEO làm cho vật liệu có độ nhớt giảm mạnh, cấu trúc xốp sau khi tạo thành có xu hướng tập hợp thành các bóng khí to hơn và giải phóng ra khỏi bề mặt dẫn tới diện tích bề mặt bị suy giảm.

*Bảng 3.11: Ảnh hưởng của hàm lượng PEO đến diện tích bề mặt của vật liệu*

Tên mẫu	Diện tích bề mặt theo phương pháp đơn lớp (m <sup>2</sup> /g)	Diện tích bề mặt theo phương pháp đa lớp (m <sup>2</sup> /g)	Diện tích bề mặt của 1m <sup>3</sup> giá thể (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )
PEG0	0,0155	0,0173	2595
PEG1	0,0182	0,0234	3510
PEG3	0,0235	0,0254	3810
PEG5	0,0215	0,02511	3766

### 3.5. Đánh giá khả năng làm việc của giá thể xốp PE chế tạo.

#### 3.5.1. Ảnh hưởng của thành phần vật liệu đến góc tiếp xúc của giá thể.



Mẫu AC2

Mẫu PEG0

Mẫu PEG3

*Hình 3.20: Ảnh góc tiếp xúc của các mẫu AC2, PEG0 và mẫu PEG3.*

Do bản chất nhựa polyetylen kỵ nước, nên khi tiếp xúc trong môi trường nước thải sẽ ảnh hưởng tới khả năng tiếp xúc và bám dính của vi sinh lên trên bề mặt giá thể. Giảm khả năng kỵ nước sẽ giúp giá thể phân tán trong môi trường ô nhiễm nhanh hơn, nhờ đó vi sinh sẽ tiếp xúc với nguồn dinh dưỡng tốt hơn tạo điều kiện cho vi sinh phát triển và cải thiện khả năng xử lý nước thải. Từ hình 3.20 và Bảng 3.12 cho thấy, mẫu AC2 ban đầu có góc tiếp xúc trái và góc tiếp xúc phải khá lớn đạt giá trị 96,5° và 93,6°, tương ứng. Giá trị góc tiếp xúc > 90° đặc trưng cho khả năng kỵ nước của nhựa nền HDPE. Khi có mặt chất tương hợp PEGMA, nhờ độ phân cực lớn của nhóm chức maleic anhydrit, góc tiếp xúc bên trái và phải của giá thể giảm còn 83,7° và 78,5° tương ứng. Giá trị này giảm rõ rệt khi bổ sung thêm 3%kl PEO, với góc tiếp xúc đạt được là 68,1 và 68,9 tương ứng với góc tiếp xúc trái và góc tiếp xúc phải. Với góc tiếp xúc nhỏ, chứng tỏ độ ưa nước của giá thể được cải thiện sẽ giúp cho giá thể dễ dàng phân tán và bám dính vi sinh tốt hơn.

Bảng 3.12: Ảnh hưởng của thành phần đến góc tiếp xúc của các mẫu AC2, PEO và PEG3

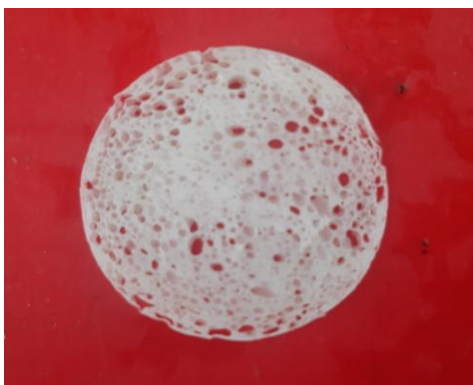
Tên mẫu	Góc tiếp xúc (°)	
	Góc trái	Góc phải
Mẫu AC2	96,5	93,6
Mẫu PEG0	83,7	78,5
Mẫu PEG3	68,1	68,9

### 3.5.2. Đánh giá khả năng bám dính vi sinh lên trên giá thể xốp PE.

Bảng 3.13 và Hình 3.21 đã làm rõ thay đổi ngoại quan của giá thể PE xốp theo các thời gian nuôi cấy vi sinh. Màu sắc của giá thể đã có sự chuyển biến rõ rệt từ màu trắng ban đầu chuyển sang màu vàng và cuối cùng đạt đến màu nâu đậm. Giá thể có màu nâu càng đậm chứng tỏ vi sinh phát triển tốt và tiến tới trạng thái bão hòa. Do vậy, thời gian nuôi cấy vi sinh là 30 ngày được lựa chọn để đưa vào bể xử lý nước thải sinh hoạt.

Bảng 3.13: Màu sắc của giá thể sau khi nuôi cấy trong môi trường nước thải sinh hoạt tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên

STT	Thời gian đã nuôi cấy (ngày)	Màu sắc
1	0	Trắng
2	3	Vàng
3	7	Vàng
4	15	Nâu
5	30	Nâu sẫm



Giá thể ban đầu (màu trắng)



sau 7 ngày (màu vàng)



Sau 15 ngày (màu nâu)



Sau 30 ngày (màu nâu đậm)

*Hình 3.21: Đặc trưng màu sắc của giá thể theo thời gian nuôi cấy vi sinh*

Thành phần trong giá thể ảnh hưởng đến sự phát triển của vi sinh, các mẫu bao gồm: mẫu AC2, mẫu PEG0 và mẫu PEG3 đã được lựa chọn. Hình 3.22 cho thấy mẫu PEG3 có màu nâu đậm hơn chứng tỏ vi sinh phát triển trên nền nhựa này tốt hơn. Do PegMA và PEO có khả năng tương thích sinh học tốt hơn so với nền PE ban đầu, nhờ đó tạo điều kiện môi trường cho vi sinh phát triển lên trên.



Mẫu AC2



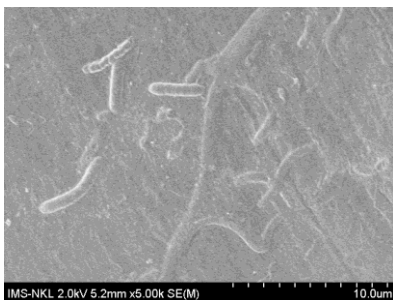
Mẫu PEG0



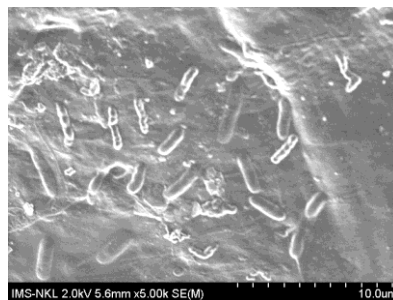
Mẫu PEG3

*Hình 3.22: Mẫu giá thể AC2, PEG0 và PEG3 sau 30 ngày nuôi cấy vi sinh*

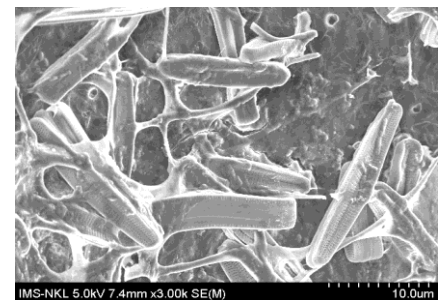
Để làm rõ sự phát triển vi sinh lên trên bề mặt giá thể, phương pháp SEM với độ phóng đại 5000 lần được sử dụng và thể hiện trong Hình 3.23. Quan sát ảnh bề mặt của các mẫu giá thể AC2, PEG0 và PEG3 cho thấy mật độ vi sinh bám dính lên trên giá thể có sự khác nhau. Mẫu AC2 có hàm lượng vi sinh khá thấp và thưa. Trong khi, mẫu PEG3 có hàm lượng vi sinh bám dính phát triển với mật độ và số lượng nhiều nhất nhờ sự có mặt của PEO và PegMA.



Mẫu AC2



PEG0



PEG3

*Hình 3.23: Ảnh vi sinh bám dính lên giá thể sau khi nuôi cấy*

### 3.5.3. Mật độ vi sinh bám dính (phương pháp khối lượng).

Mật độ vi sinh bám dính của các mẫu AC2, PEG0 và PEG3 sau 30 ngày được ghi lại và trình bày trên Bảng 3.14, mẫu AC2 có sự thay đổi khối lượng thấp nhất đạt 2,19 %kl, trong khi mẫu PEG3 có sự thay đổi nhiều nhất là 3,82 %kl, chứng tỏ rằng mẫu PEG3 có hàm lượng vi sinh bám dính nhiều hơn. Kết quả từ ảnh SEM và phần trăm khối lượng vi sinh bám dính lên trên mẫu cho thấy, nhờ sự có mặt của PEGMA và PEO đã giúp cải thiện hiệu quả bám dính, nhờ đó vi sinh phát triển trên giá thể nhờ khả năng tương thích tốt của các thành phần này tốt hơn so với nhựa HDPE ban đầu. Do vậy thành phần của mẫu PEG3 được lựa chọn để chế tạo giá thể.

Bảng 3.14: Hàm lượng vi sinh bám dính sau 30 ngày cho các mẫu AC2, PEG0 và PEG3

Tên mẫu	Sự thay đổi khối lượng (%kl)
AC2	2,19
PEG0	2,42
PEG3	3,83

Từ các kết quả về hình thái cấu trúc, độ bền cơ học, khối lượng riêng, độ xốp là cơ sở để lựa chọn mẫu PEG3 cho các nghiên cứu tiếp theo do đáp ứng được yêu cầu của vật liệu làm giá thể.

### 3.5.4. Đánh giá hiệu quả làm việc của giá thể.

#### Đánh giá tải lượng xử lý của giá thể.

Hàm lượng các chất ô nhiễm được gán theo QCVN 01:2019/HY của tỉnh Hưng Yên, áp dụng tại bệnh viện Mắt Hưng Yên theo công thức như sau:

$$C_{\max} = C \times K \times K_{hy}$$

Trong đó:

$C_{\max}$ : giá trị thông số cho phép của các thông số ô nhiễm áp dụng cho đối tượng Bệnh viện Mắt Hưng Yên - thành phố Hưng Yên được quy định tại QCVN 01:2019/HY.

C: Giá trị cho phép của các thông số ô nhiễm làm cơ sở tính toán giá trị  $C_{\max}$  theo QCVN 14:2008/BTNMT.

Hệ số K: 1, áp dụng cho bệnh viện mắt Hưng Yên (tương ứng với trụ sở cơ quan, văn phòng, trường học, cơ sở nghiên cứu có diện tích lớn hơn hoặc bằng 10.000 m<sup>2</sup>)

$K_{hy}$ : 0.95 áp dụng cho thành phố Hưng Yên

Mẫu nước thải sinh hoạt thu được tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên có các chỉ số được chỉ ra trong Bảng 3.15 cho thấy: NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, BOD<sub>5</sub> và colifom là nguyên

nhân gây ô nhiễm khi so sánh với QCĐP01:2019/HY. Trong khi các chỉ tiêu khác đều thấp hơn hoặc nằm trong ngưỡng cho phép.

*Bảng 3.15: Chất lượng nước thải sinh hoạt lấy tại Bệnh Viện mắt Hưng Yên*

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả phân tích	QC ĐP 01:2019/HY
1	pH	-	6,95	5- 9
2	BOD <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	140	28,5
3	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	4	47,5
4	Tổng chất rắn hòa tan (TDS)	mg/l	320	475
5	Sulfua (theo H <sub>2</sub> S)	mg/l	0,03	0,95
6	Amoni (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (theo N)	mg/l	41,5	4,75
7	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (theo N)	mg/l	26,1	28,5
8	Dầu mỡ động, thực vật	mg/l	0,48	9,5
9	Tổng các chất hoạt động bề mặt	mg/l	1,17	4,75
10	Phốt phát (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) (theo P)	mgP/l	5,0	5,7
11	Coliform tổng	VK/100 ml	15.100	3000

Tỷ lệ dinh dưỡng của nước thải BOD<sub>5</sub>:N:P = 140: 41,5:5 = 28 : 8,3 : 1 → tỷ lệ N:P khá phù hợp, tuy nhiên tỷ lệ BOD<sub>5</sub>: N không đảm bảo về mặt dinh dưỡng cho quá trình xử lý vi sinh theo tỷ lệ chuẩn BOD<sub>5</sub>:N:P = 100 : 5 : 1. Để tiến hành nghiên cứu đánh giá và tương thích với nguồn nước thải thực tế cần bổ sung thêm dinh dưỡng để cân bằng mặt thành phần dinh dưỡng cho vi sinh hiếu khí phát triển theo tỷ lệ BOD<sub>5</sub>: N: P = 100: 5 : 1. Thành phần BOD<sub>5</sub> được bổ sung cho cân bằng với tỷ lệ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (tương ứng với BOD<sub>5</sub>: N = 100: 5) → BOD cần phải có giá trị ~ 41,5/5\*100 = 830 mg/l → bổ sung thêm thành phần dinh dưỡng (đường kính (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>)). Thiết kế hệ thống với thông số ô nhiễm đầu vào trên nền nước thải bệnh viện mắt Hưng Yên:

$$Co \text{ NH}_4^+ = 41,5 \text{ mgN/l}$$

$$Co \text{ BOD} = 830 \text{ mgO}_2/\text{l}$$

Trong khi chỉ số amoni và hàm lượng coliform tổng lại cao hơn trong quy chuẩn đạt giá trị lần lượt là 41,5 mg/l và 15100 VK/100 ml.

→ Đối tượng xử lý chính của mô hình là thành phần Amoni (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Bảng 3.16 cho biết hàm lượng các chất gây ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt sau 1 ngày xử lý. Kết quả thu được cho thấy, pH dung dịch thu được khá cao với giá trị là 9,05 vượt so qui định về pH trong nước trong khoảng từ 5-9. Hàm lượng BOD<sub>5</sub> trong nước đạt giá trị là 77 mgO<sub>2</sub>/l cao hơn 47 mgO<sub>2</sub>/l so với giới hạn qui định tại cột A trong QC ĐP 01:2019/HY. Tổng hàm lượng chất rắn lơ lửng hòa tan (TSS) thu được khá thấp nằm trong giới hạn của QC ĐP

01:2019/HY do mẫu nước thải sinh hoạt chưa xử lý tại bệnh viện có hàm lượng TSS đạt 4 mg/l. Sau 1 ngày xử lý, hàm lượng amoni được xử lý đạt 2,4 mg/l, chứng tỏ khả năng oxy hóa amoni của vi sinh tốt, phát triển ổn định. Trong khi, quá trình khử nitrat còn chậm, dẫn tới hàm lượng nitrat có giá trị là 36,7 mg/l cao hơn so với qui định của QC ĐP 01:2019/HY. Do vậy, cần tiếp tục bổ sung vi sinh gốc xử lý nitrat để cải thiện hiệu quả xử lý.

*Bảng 3.16: Chất lượng nước thải sinh hoạt sau 1 ngày xử lý*

STT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả phân tích
1	pH	-	9,05
2	BOD	mgO <sub>2</sub> /l	77
3	TSS	mg/l	3
4	Amoni NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (theo N)	mg/l	2,4
5	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (theo N)	mg/l	36,7

Sau 2 tuần xử lý, pH của nước thải được xử lý đạt 8,08 nằm trong ngưỡng cho phép. Các chỉ số BOD, TSS và amoni đều giảm đáng kể so với mẫu đã xử lý sau 1 ngày và đạt giá trị cột A QC ĐP 01:2019/HY. Hàm lượng nitrat đã được xử lý 4,58 mg/l, nằm trong qui định đối với cột A. Hiệu quả xử lý của giá thể vi sinh được đánh giá thông qua hàm lượng amoni như sau:

$$TLd = [(C_o - C_t)/T] \times Q \text{ lưu lượng (lít/ngày)}$$

$$TLv = TLd/V$$

Theo đó,

TLd: Tải lượng xử lý trên 1 ngày

C<sub>o</sub>: nồng độ amoni thời điểm ban đầu: 41,5 mg/lít

C<sub>t</sub>, Nồng độ amoni sau 1 ngày xử lý: 2,4 mg/lít

T, Thời gian xử lý: 1 ngày

Q, Lưu lượng đối với mô hình thử nghiệm: 10 lít/giờ = 240 lít/ngày

TLv: Tải lượng xử lý trên 1 đơn vị thể tích

V thể tích giá thể (lít): 6 lít

- $TLd = (41,5 - 2,4) \times 240/1 \text{ ngày} = 9384 \text{ mg/ngày}$
- $TLv = 9384/6 = 1564 \text{ mg/lít.}$

Từ đó, có thể tính toán được tải trọng xử lý 1 ngày đối với giá thể xốp PE là 1564 mg/lít.

### **3.5.5. Đánh giá chất lượng nước sinh hoạt sau xử lý tại các thời điểm 2, 4, 6 và 8 tuần.**

Từ Bảng 3.17 trình bày kết quả phân tích hàm lượng các chất ô nhiễm có trong nước thải sinh hoạt sau khi xử lý theo công nghệ MBBR sử dụng giá thể

sinh học kết hợp với vi sinh tại các thời điểm lần lượt là 2 tuần, 4 tuần, 6 tuần và 8 tuần.

*Bảng 3.17: Chất lượng nước thải sinh hoạt tại các thời điểm xử lý khác nhau*

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Tuần 2	Tuần 4	Tuần 6	Tuần 8	QCĐP Hưng Yên ( $C_{max}=C \times K \times K_{hy}$ )
1	pH	-	8,08	7,31	7,57	7,67	5-9
2	BOD	mgO <sub>2</sub> /l	15	27	13	15	28,5
3	TSS	mg/l	3	3	2	3	47,5
4	Amoni NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (theo N)	mg/l	2,10	1,75	0,68	0,08	4,75
5	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (theo N)	mg/l	4,58	16,6	12,9	5,6	28,5

Sau 2 tuần xử lý, các chỉ tiêu pH, BOD, TSS, amoni và nitrat đều nằm trong giới hạn cho phép của QCĐP 01:2019/HY. Mẫu nước thải sau khi xử lý có tính kiềm nhẹ (pH > 7) và gần như không thay đổi trong quá trình xử lý. Tổng lượng cặn lơ lửng TSS cũng giữ độ ổn định. Các nồng độ của amoni, nitrat giảm dần khi thời gian xử lý kéo dài. Tại 8 tuần, amoni còn lại là 0,08 mg/lit, nitrat còn lại là 5,6 mg/l. Hiệu quả xử lý amoni theo thời gian được đánh giá theo công thức sau:

$$\%H = 100\% \times (C_o - C_t) / C_o$$

H: hiệu suất xử lý (%)

C<sub>o</sub>: hàm lượng amoni ban đầu (mg/lít)

C<sub>t</sub>: hàm lượng amoni thời điểm t

*Bảng 3.18: Hiệu suất xử lý (%) amoni theo thời gian khác nhau*

Thời gian xử lý				
0 tuần	2 tuần	4 tuần	6 tuần	8 tuần
0%	94,93	95,78	98,36	99,80

Kết quả đánh giá khả năng xử lý ô nhiễm amoni tại các thời gian khác nhau cho thấy, hiệu suất xử lý amoni được cải thiện theo thời gian, từ 94,93 % tăng lên 99,80 % tại thời điểm 8 tuần. Tải lượng giá trị của BOD/NH<sub>4</sub><sup>+</sup> tăng nhanh và đi ngang dần đạt nồng độ vi sinh tương ứng với mức bão hòa. Với khả năng xử lý cao có thể mở rộng công suất xử lý nước thải mà vẫn đảm bảo yêu cầu đầu ra theo QCĐP 01:2019/HY.

Qua vận hành mô hình với lưu lượng 10 lít/giờ và đánh giá chất lượng nước thải tại các thời điểm khác nhau (2 tuần, 4 tuần, 6 tuần và 8 tuần) cho thấy, hiệu quả xử lý amoni cao đạt 95% sau 2 tuần và gần 100 % sau 8 tuần. Các chỉ tiêu phân tích (pH, BOD, TSS, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Nitrat) đều thỏa mãn QCĐP 01:2019/HY.

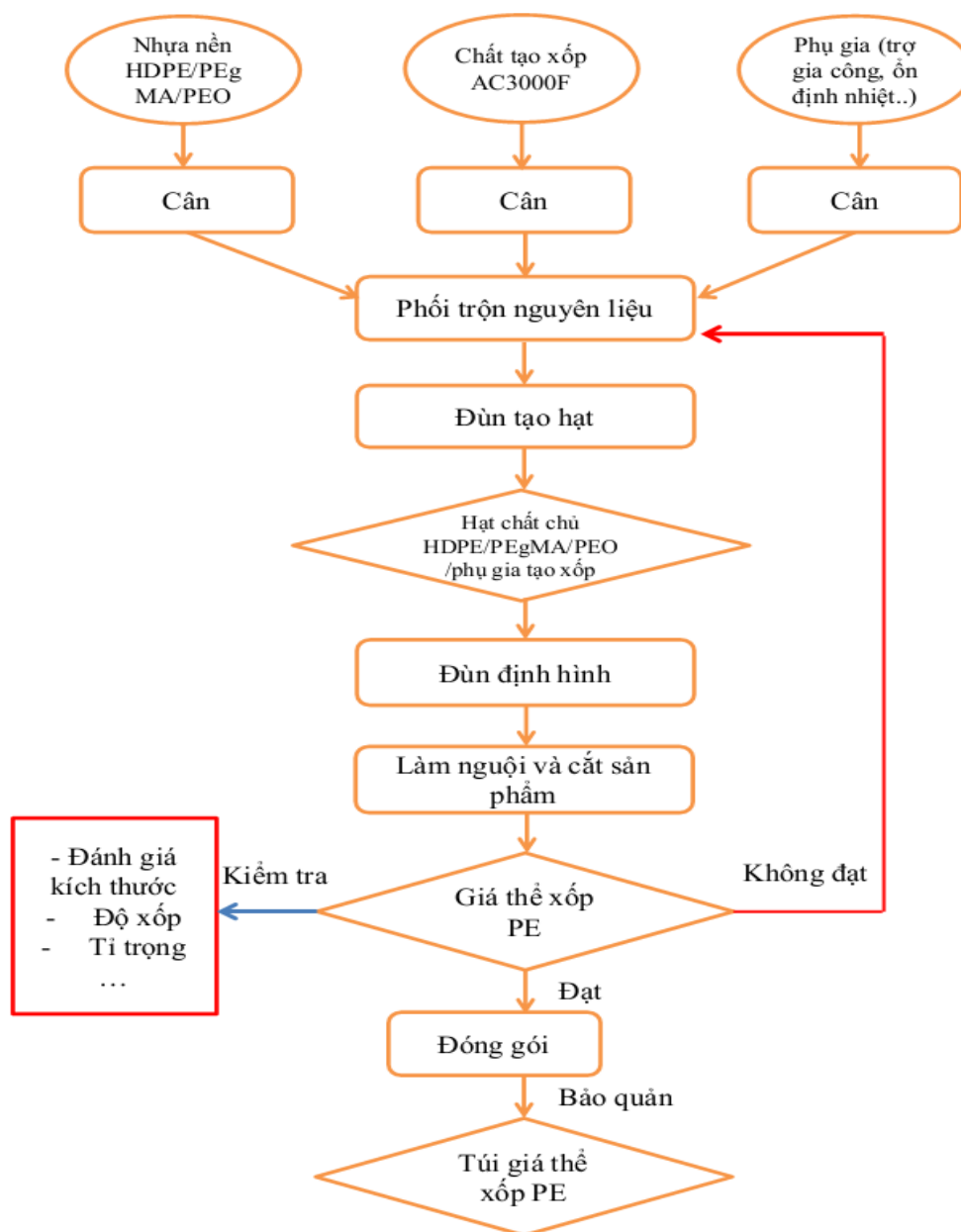


### 3.6. Chế thử giá thể xốp ở quy mô pilot

Hình 3.24 trình bày sơ đồ công nghệ chế tạo giá thể xốp PE. Sơ đồ công nghệ có thể được tóm tắt như sau:

Các thành phần hóa chất ban đầu bao gồm: nhựa nền HDPE, PEGMA, PEO, phụ gia tạo xốp và các phụ gia khác được cân chính xác và phối trộn cơ học. Sau đó, hỗn hợp này được trộn trên thiết bị trộn cao tốc trong thời gian là 10 phút. Hỗn hợp nguyên liệu ban đầu được lấy ra và cấp liệu cho máy đùn 1 trục, để tạo hạt chất chủ có chứa phụ gia tạo xốp.

Hạt chất chủ này sau đó được cấp sang máy đùn 1 trục có gắn khuôn tạo hình. Nguyên liệu được đùn và nở trong đầu khuôn định hình, trước khi làm nguội để tạo thành các ống đặc dạng xốp. Các ống đặc này được chuyển sang máy cắt có không chế chiều dày để tạo thành giá thể. Mẫu giá thể không đạt yêu cầu được cho băm lại và phối trộn như là nhựa nguyên sinh với thành phần nguyên liệu khác.



Hình 3.24: Sơ đồ công nghệ chế tạo giá thể xốp PE



### 3.6.1. Chế tạo hạt chất chủ

Để khảo sát tính chất của hạt chất chủ, hạt chất chủ được chế tạo trên thiết bị đùn trực vít với với thành phần phụ gia tạo xốp là 5%kl. Chế độ gia công hạt cắt được thiết lập lần lượt như sau:

Khoang 1: 130 °C

Khoang 2: 140 °C

Khoang 3: 140 °C

Tốc độ trực vít: 50 vòng/phút

Nhiệt độ làm mát: 35-37°C

Tốc độ dao cắt: 300- 600 vòng/phút

Năng suất: 25 kg/mẻ



Hình 3.25: Phối trộn sơ bộ ban đầu



Hình 3.26: Chế tạo hạt chất chủ tạo xốp

Quá trình chế tạo hạt được thể hiện trên hình 3.25 và hình 3.26. Ban đầu, hỗn hợp bao gồm: nhựa PE, phụ gia tạo nở, phụ gia bôi trơn, bột đã được trộn cơ học để phân tán đều các thành phần vào trong nhựa. Tiếp theo, hỗn hợp được chuyển sang máy trộn cao tốc với tốc độ 500 vòng/phút, trong 10 phút. Sau đó hỗn hợp được cấp liệu qua máy đùn 1 trục. Tại đây, hỗn hợp được đùn thành sợi làm nguội bằng nước, sau đó qua máy thổi khí làm khô và được cắt hạt đóng bao. Các hạt chất chủ sau khi được tạo hạt sấy khô được để ổn định và thử nghiệm tạo nở trên các thiết bị phòng thí nghiệm. Hạt chất chủ tạo xốp thu được trên hình 3.27 cho thấy có màu vàng nhạt do sự có mặt của AC 3000F còn dư. Trên bảng 3.19 đã xác định đường kính hạt đạt xấp xỉ 2mm, khối lượng đạt  $0,845 \text{ g/cm}^3$  của hạt chất chủ tạo xốp.

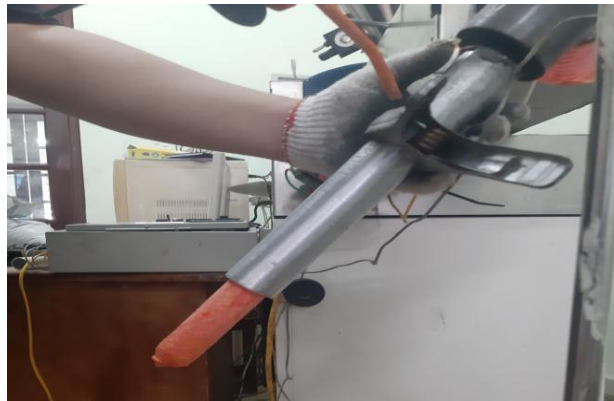


Hình 3.27: Hạt chất chủ tạo xốp PE/PEgMA/PEO/phụ gia tạo xốp

Bảng 3.19: Tính chất hạt chất chủ tạo xốp PE/PEgMA/PEO/phụ gia tạo xốp

Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả
Đường kính hạt	mm	2
Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	0,845
Hàm lượng AC3000 còn lại	%kl	2,26
Màu sắc	-	Vàng nhạt

### 3.6.2. Chế tạo giá thể xốp PE

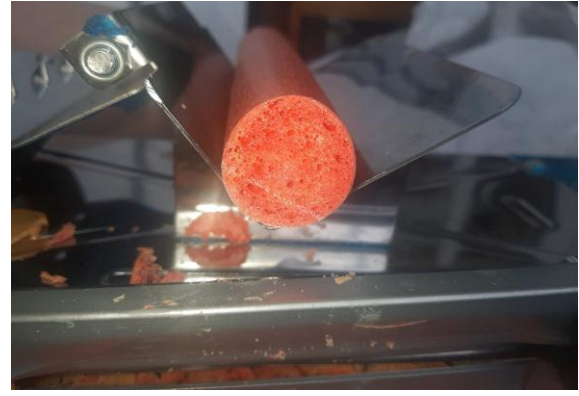


Hình 3.28: Máy đùn và khuôn đùn tạo xốp PE.

Hạt chất chủ là sản phẩm của nguyên công được phối trộn thêm một số phụ gia trợ gia công sau đó thực hiện đùn trên thiết bị đùn 1 trục, qua quá trình đùn cấp năng lượng kích nở cho phụ gia tạo xốp, xốp được hình thành tại khuôn tạo hình và được làm mát với nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ tái đóng rắn sau khi nóng chảy. Sau khi quá trình tạo nở hoàn toàn, sản phẩm xốp đã hình thành sử dụng hệ thống kéo để đảm bảo không bị dãn toa trong quá trình đùn.



*Hình 3.29: Sản phẩm ống xốp giá thể sau khi đùn*



*Hình 3.30: Thiết bị cắt tạo giá thể*

### **Lần thử nghiệm 1:**

Khối lượng: 25 kg nhựa

Vấn đề công nghệ: Độ xốp thấp, mẫu xốp dính khuôn, không đùn được sản phẩm, bề mặt mẫu bị nhăn

Cách khắc phục:

- Tăng áp suất khuôn định hình.
- Tăng tỉ lệ phụ gia bôi trơn.
- Nghiên cứu thay thế đầu đùn thiết bị



*Hình 3.31: Thiết bị đùn tạo xốp tại lần thử nghiệm thứ nhất*



*Hình 3.32: Sản phẩm tại lần thử nghiệm thứ nhất*

**Lần thử nghiệm 2:**

Khối lượng thử: 25 kg nhựa

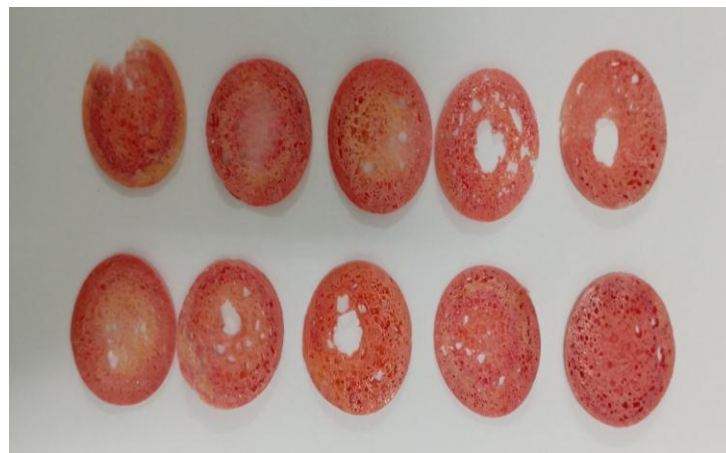
Đánh giá: chưa đạt yêu cầu

Vấn đề công nghệ:

- Độ xốp không đồng đều, mẫu có xu hướng tạo thành các lỗ xốp to ở giữa.

Cách khắc phục:

- Hiệu chỉnh nhiệt độ các khoang đùn và tăng tốc độ trộn



*Hình 3.33: Sản phẩm của mẻ thử nghiệm thứ 2*

**Lần thử nghiệm 3:**

Khối lượng thử: 100 kg nhựa và các phụ gia đi kèm.

Đánh giá: đạt yêu cầu

Điều kiện công nghệ:

- Nhiệt độ các khoang: 130-140-150°C.



- Nhiệt độ khuôn: 170°C
- Tốc độ đùn: 100 vòng/ phút
- Sản phẩm đạt yêu cầu về hình dáng kích thước
- Độ đồng đều cao, số mẫu hỏng thấp

Ống giá thể sau khi làm nguội về nhiệt độ phòng được đưa lên thiết bị cắt có điều chỉnh độ dày trong khoảng 1mm.

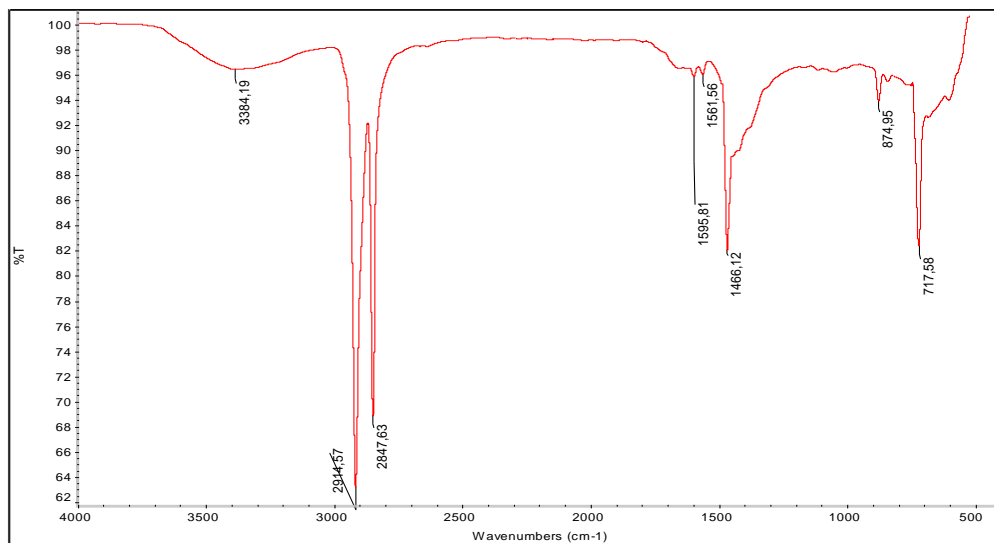
Sau khi cắt sản phẩm được đem đánh giá tính chất trước khi được đóng gói.



Hình 3.34: Sản phẩm của mẻ thử nghiệm thứ 3

### 3.7. Phân tích đặc trưng tính chất của giá thể.

#### 3.7.1. Phân tích phổ hồng ngoại FT-IR của mẫu xốp



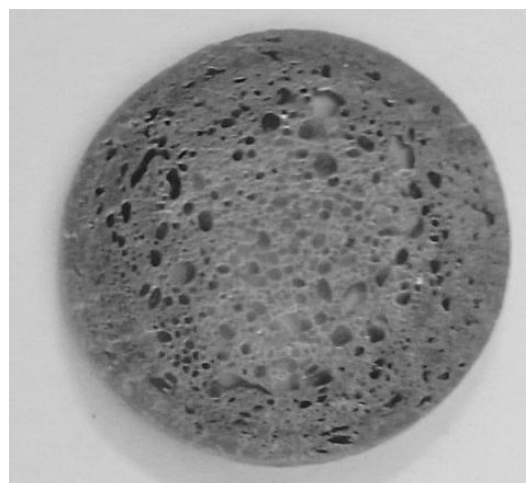
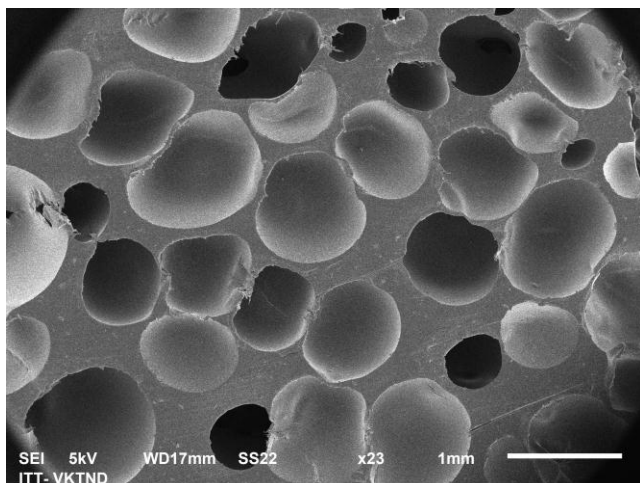
Hình 3.35: Phổ FT-IR của mẫu xốp được tối ưu điều kiện

Trên phổ hồng ngoại Hình 3.35 của mẫu sản phẩm xốp PE cho thấy có các dao động đặc trưng cho nhóm polyetylen. Dao động có số sóng  $2914\text{ cm}^{-1}$  và  $2847\text{ cm}^{-1}$  đặc trưng cho dao động hóa trị bất đối xứng của nhóm  $\text{CH}_2$  và  $\text{CH}_3$ . Dao động có số sóng tại  $1466\text{ cm}^{-1}$  liên quan đến dao động biến dạng của nhóm  $\text{CH}_2$ . Ngoài các dao động kể trên, còn quan sát thấy dao động có số sóng tại  $717\text{ cm}^{-1}$  được cho là dao động biến dạng lắc của nhóm  $\text{CH}$ . Các pic đặc trưng của

AC3000 là pic NH không được tìm thấy ở số sóng  $3400\text{ cm}^{-1}$  và  $1700\text{ cm}^{-1}$ . Điều đó cho thấy phụ gia tạo xốp đã được phân hủy hết.

### 3.7.2. Phân tích hình thái cấu trúc bằng phương pháp SEM

Bằng phương pháp hiển vi điện tử quét SEM (Hình 3.36) các lỗ xốp có đường kính tương phân bố tương đối đồng đều và nhỏ hơn 1mm. Với kích thước lỗ xốp nhỏ đồng đều và có độ sâu tốt sẽ giúp cho vi sinh vật bám dính và phát triển tốt hơn.




Hình 3.36: Ảnh hiển vi điện tử quét SEM mẫu xốp

### 3.7.3. Khối lượng riêng, độ xốp và diện tích bề mặt của giá thể xốp.

Kết quả phân tích các tính chất của sản phẩm được đo đạc và thống kê trên Bảng 3.20 và Hình 3.37. Các chỉ tiêu bao gồm khối lượng riêng sản phẩm, độ xốp, diện tích bề mặt và đường kính mẫu đề tài so sánh với sản phẩm thương mại trên thị trường Hel-X Bio Chip 30 (Đức). Đường kính sản phẩm xấp xỉ là 30 mm, trong khi độ xốp đạt được là 58,05%. Diện tích bề mặt được xác định khoảng  $3750\text{ m}^2/\text{m}^3$ , khối lượng riêng của sản phẩm là  $0,64\text{ g}/\text{cm}^3$  thấp hơn so với mẫu Hel-X Bio Chip. Tuy nhiên, các chỉ tiêu của sản phẩm đều đạt so với đăng kí và tương đương với các giá thể thương mại khác có trên thị trường.

Bảng 3.20: So sánh tính chất giá thể xốp đề tài và sản phẩm Hel- X Bio Chip 30

Chỉ tiêu	Đơn vị	Mẫu sản phẩm	Hel-X Bio Chip 30
Khối lượng riêng sản phẩm	$\text{g}/\text{cm}^3$	0,64	0,70
Độ xốp	%	58,05	-
Diện tích bề mặt	$\text{m}^2/\text{m}^3$	3750	5500
Đường kính mẫu	mm	30	30
Thời gian vi sinh bám dính	ngày	7-15	7-15
Khả năng xử lý Nito	$\text{Kg}/\text{m}^3 \cdot \text{ngày}$	1,5-4	3-5
Tuổi thọ giá thể	Năm	➤ 5	➤ 5




VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM (VAST)  
 VIỆN HÓA HỌC/INSTITUTE OF CHEMISTRY  
 PHÒNG POLYME THIÊN NHIÊN/LABORATORY OF NATURAL POLYMER  
 Address: A18, 18 Hoàng Quốc Việt, P.Nghĩa Đô, Q.Cầu Giấy, TP.Hà Nội  
 Mobile: 0985.887.880 E-mail: congvh@gmail.com

<b>KTND/2023-0602.01</b>	<b>PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT</b>	14/02/2023
		Số trang: 01

**I. Thông tin mẫu/Information sample**


1. Đơn vị gửi mẫu/Customer:	VIỆN KỸ THUẬT NHIỆT ĐỚI
2. Địa chỉ/Address:	Nhà A13, 18 Hoàng Quốc Việt, Quận Cầu Giấy, Hà Nội
3. Tên mẫu/Sample name:	Giả thể vi sinh từ vật liệu PE xốp - thuộc đề tài: "Nghiên cứu chế tạo giả thể sinh học dạng xốp trên nền nhựa polyetylen ti trọng cao định hướng trong xử lý nước thải tại tỉnh Hưng Yên".
4. Số lượng/Quantity:	01 mẫu
5. Tình trạng mẫu/Sample Status:	Mẫu nhựa xốp
6. Ngày nhận/Received date	06/02/2023
7. Yêu cầu phân tích/Request test:	Xác định một số đặc tính kỹ thuật của vật liệu

**II. Kết quả thử nghiệm, phân tích/Test result**



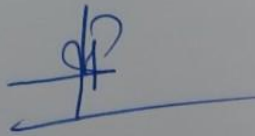
STT	Ký hiệu mẫu/Chi tiêu Testing Items	Đơn vị/ Unit	Phương pháp thử Test method	Kết quả thử nghiệm Test results
1	Tỷ trọng sản phẩm	g/cm <sup>3</sup>	TCVN 6530-3:1999	0,64
2	Độ xốp	%	TCVN 6530-3:1999	58,05
3	Diện tích bề mặt	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	ISO 9277:2010	3750
4	Đường kính mẫu	mm	Thước kẹp chuyên dụng	30,1

VIỆN HÓA HỌC XÁC NHẬN  
 CONFIRMATION OF INSTITUTE OF CHEMISTRY  
 TS.Trịnh Đức Công là Trưởng phòng  
 TL. VIỆN TRƯỞNG  
 KT. TRƯỞNG PHÒNG QLTH  
 BỘ TRƯỞNG PHÒNG



**Vương Thị Thu Quyên**

TRƯỞNG PHÒNG POLYME THIÊN NHIÊN  
 HEAD OF LABORATORY OF NATURAL POLYMER



**TS.Trịnh Đức Công**

(1) Tên mẫu ghi theo thông tin của khách hàng/ Sample name written according to customer information

(2) Kết quả chỉ có giá trị đối với mẫu gửi phân tích/ The results are only valid for the analytical sample sent by the customer

(3) Giải quyết thắc mắc trong 05 ngày từ khi trả kết quả/ Resolve the question within 05 working days of returning the result

Hình 3.37: Kết quả thử nghiệm của sản phẩm được đánh giá tại Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.



### 3.8. Xây dựng tính toán giá thành sản phẩm

Bảng 3.21: Chi phí sản xuất 25 kg/mẻ.giờ

	Hạng mục	Đơn vị	Số lượng	Giá thành (đ)	Thành tiền (đ)
(1)	<b>Nguyên vật liệu</b>				<b>2.366.000</b>
1.1	Nhựa HDPE	kg	20,8	45.000	936.000
1.2	Polyetylenoxit	kg	0,75	700.000	525.000
1.3	Chất tạo nở AC300 F	kg	1,25	120.000	150.000
1.4	Phụ gia bôi trơn wax	kg	0,375	70.000	26.250
1.5	Chất ổn định nhiệt	kg	0,125	500.000	62.500
1.6	Chống xẹp Hari95	kg	0,25	70.000	17.500
1.7	PEgMA	kg	0,075	8.400.000	630.000
1.8	Axit stearic	kg	0,125	100.000	12.500
1.9	Bột đá	kg	1,25	5.000	6.250
(2)	<b>Công lao động</b>	<b>3 người 1 ngày</b>	<b>3</b>	<b>300.000</b>	<b>900.000</b>
(3)	<b>Hao mòn thiết bị</b>	<b>-</b>	<b>Tổng thể</b>	<b>250.000</b>	<b>250.000</b>
(4)	<b>Năng lượng (điện)</b>	<b>kW</b>	<b>40</b>	<b>2.500</b>	<b>100.000</b>
(5)	<b>Giá sản xuất 25 kg (5)=(1)+(2)+(3)+(4)</b>				<b>3.616.000</b>
(6)	<b>Giá thành 1 kg (5) /25</b>				<b>144.640</b>

**Giá thành sản xuất 25kg (5):** là tổng của: nguyên vật liệu (1) + công lao động (2)+ hao mòn thiết bị (3)+ năng lượng (4)

**Giá thành 1kg sản phẩm (6):** Giá thành sản xuất 25kg (5)/25

Khi so sánh các tính chất và giá thành của sản phẩm giá thể PE xốp nghiên cứu sản xuất và sản phẩm đã được thương mại của được nhập khẩu từ nước ngoài cho thấy:

Giá thành của sản phẩm nhập khẩu là 400.000 đồng cao hơn 2,73 lần so với giá thành sản xuất được tính toán là 144.640 đồng/kg sản phẩm. Giá thành sản phẩm này hoàn toàn có thể giảm hơn khi mở rộng qui mô sản xuất. Điều này cho thấy triển vọng phát triển về công nghệ và khả năng ứng dụng sản phẩm của đề tài.

### 3.9. Xây dựng mô hình xử lý nước theo công nghệ MBBR có sử dụng giá thể xốp PE của đề tài trên địa bàn tỉnh Hưng Yên với công suất 1m<sup>3</sup>/ngày.đêm.

#### 3.9.1. Thông số thiết kế

##### *Nguồn phát sinh nước thải*

Nguồn gốc phát sinh chính của nước thải sinh hoạt từ hai nguồn chính sau đây: Nước thải xám phát sinh từ hoạt động tắm giặt, vệ sinh, nhà bếp và nước thải đen phát sinh từ khu nhà vệ sinh. Bên cạnh đó, nguồn nước thải có phát sinh từ các phòng khám, phòng phẫu thuật, phòng thí nghiệm, xét nghiệm và các khoa trong bệnh viện. Các nguồn thải này đã được tiền xử lý được khử trùng để loại bỏ vi khuẩn và các mầm bệnh. Do vậy nguồn nước thải tại Bệnh viện mắt mang đặc trưng chủ yếu từ nước thải sinh hoạt.

- Địa điểm đặt mô hình: Bệnh Viện Mắt Hưng Yên
- Địa chỉ: 66 An Vũ, P. Hiến Nam, Hưng Yên

##### *Đặc điểm tính chất của nước thải*

Nước thải sinh hoạt từ các khu vệ sinh ( nước thải đen) và nước thải từ hoạt động tắm giặt, lau chùi ( nước thải xám) có các chất ô nhiễm như:

- Chất hữu cơ BOD<sub>5</sub>, COD.
- Tổng chất rắn lơ lửng, tổng chất rắn hòa tan.
- Amoni tính theo N.
- Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) tính theo N.
- Phosphat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) tính theo P.
- Vi khuẩn (Coliforms).

*Bảng 3.22: Chất lượng nước thải sinh hoạt của Bệnh viện Mắt Hưng Yên*

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Nồng độ	QCVN 14:2008/BTNMT Cột A	QC ĐP 01:2019/HY Với K = 0,95
1	pH	-	6,95	5-9	5-9
2	BOD <sub>5</sub>	mg/l	140	30	28,5
3	TSS	mg/l	4	50	47,5
4	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N)	mg/l	41,5	5	4,75
5	Nitrat (NO <sub>3</sub> ) (tính theo N)	mg/l	26,1	30	28,5
6	Tổng P	mg/l	5	6	5,7

• Nhận xét: Trong nước thải sinh hoạt các giá trị BOD<sub>5</sub>, P, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> đều vượt mức cho phép. Riêng giá trị pH, TSS và nitrat là nằm trong khoảng quy

định. Tuy nhiên các giá trị này có thường biến động lớn, tùy thuộc vào lượng bệnh nhân đến thăm khám, lưu trú và điều trị.

- Nguồn nước thải thí nghiệm: nước thải sinh hoạt tại hố gom trước khi vào hệ thống XLNT của bệnh viện Mắt Hưng Yên.

### **Yêu cầu chất lượng nước thải sau xử lý**

Tính chất nước thải sau xử lý khu vực thành phố Hưng Yên: Nước thải sau xử lý đạt quy chuẩn xả thải QC ĐP 01:2019/HY – với hệ số K = 0,95 áp dụng cho địa bàn thành phố Hưng Yên và cho đơn vị là có diện tích lớn hơn 10.000 m<sup>2</sup>.

### **3.9.2. Tính toán thiết kế**

#### **Sơ đồ công nghệ mô hình xử lý**

- Mục đích mô hình: đánh giá hiệu quả xử lý các thông số ô nhiễm NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, BOD<sub>5</sub>, bởi quá trình xử lý vi sinh bằng giá thể xốp PE.

- Lưu lượng thiết kế của mô hình: 1 m<sup>3</sup>/ngày.đêm (tương đương lưu lượng: 50 lít/giờ).

- Phương án xử lý: xử lý nước thải bằng công nghệ màng vi sinh chuyển động (MBBR).

- Sơ đồ công nghệ mô hình xử lý nước thải sinh hoạt.

- Mật độ giá thể xốp PE đưa vào tại bể sinh học MBBR: 20 - 50% thể tích bể.

#### **Tính toán thiết kế**

Lưu lượng mô hình:  $Q = 1 \text{ m}^3/\text{ngày.đêm}$  (tương đương lưu lượng: 50 lít/giờ). Để đảm bảo hoạt động, lưu lượng hoạt động = 2 × lưu lượng thiết kế.

Nguồn gốc nước thải: nước thải được lấy tại hố gom (sau khi tách mỡ, tự hoại) của bệnh viện Mắt Hưng Yên → Mô hình không cần quá trình xử lý tách mỡ. Thông số ô nhiễm căn cứ theo bảng kết quả phân tích mẫu nước đầu vào tại Bảng 3.22.

a. Bể điều hòa lưu lượng nước thải

Lưu lượng giờ  $Q_{tb} = 100 \text{ lít/giờ}$

$$V = T \times Q_{tb} \text{ (lít)}$$

Trong đó:

- $T$ : thời gian lưu nước, chọn  $T=8 \text{ h} \rightarrow V = 8 \times 100 = 800 \text{ lít}$

→ Bể điều hòa sử dụng là ngăn điều hòa có sẵn của hệ thống thu gom nước thải của bệnh viện Mắt Hưng Yên.

Số lượng: 01 bể

b. Bể thiếu khí:

Lưu lượng nước thải  $Q_{tk} = 100 \text{ lít/giờ}$

- ⇒ Thời gian lưu nước vùng thiếu khí là 4 giờ
- ⇒ Thể tích hữu dụng của hệ bể thiếu khí =  $4 \times 100 = 400$  lít
- Chọn chiều cao hữu ích của bể là 150 cm, chiều cao an toàn là 50cm
- Chiều cao của toàn bộ bể =  $150 + 50 = 200$  cm
- Kích thước bể:  $D \times R \times C = 80 \times 40 \times 150 = 480$  lít

#### c. Bể hiếu khí

Lưu lượng nước thải  $Q_{tk} = 100$  lít/giờ

- ⇒ Thời gian lưu nước vùng hiếu khí là 7 giờ
- ⇒ Thể tích hữu dụng của hệ bể thiếu khí =  $7 \times 100 = 700$  lít
- Chọn chiều cao hữu ích của bể là 150 cm, chiều cao an toàn là 50cm
- Chiều cao của toàn bộ bể =  $150 + 50 = 200$  cm
- Kích thước bể:  $D \times R \times C = 70 \times 80 \times 150 \text{ cm} = 840$  lít

#### d. Bể lọc MBR

Lưu lượng nước thải  $Q_{tk} = 100$  lít/giờ

- ⇒ Thời gian lưu nước vùng thiếu khí là 3 giờ
- ⇒ Thể tích hữu dụng của hệ bể thiếu khí =  $3 \times 100 = 300$  lít
- Chọn chiều cao hữu ích của bể là 150 cm, chiều cao an toàn là 50cm
- Chiều cao của toàn bộ bể =  $150 + 50 = 200$  cm
- Kích thước bể:  $D \times R \times C = 80 \times 30 \times 150 \text{ cm} = 360$  lít

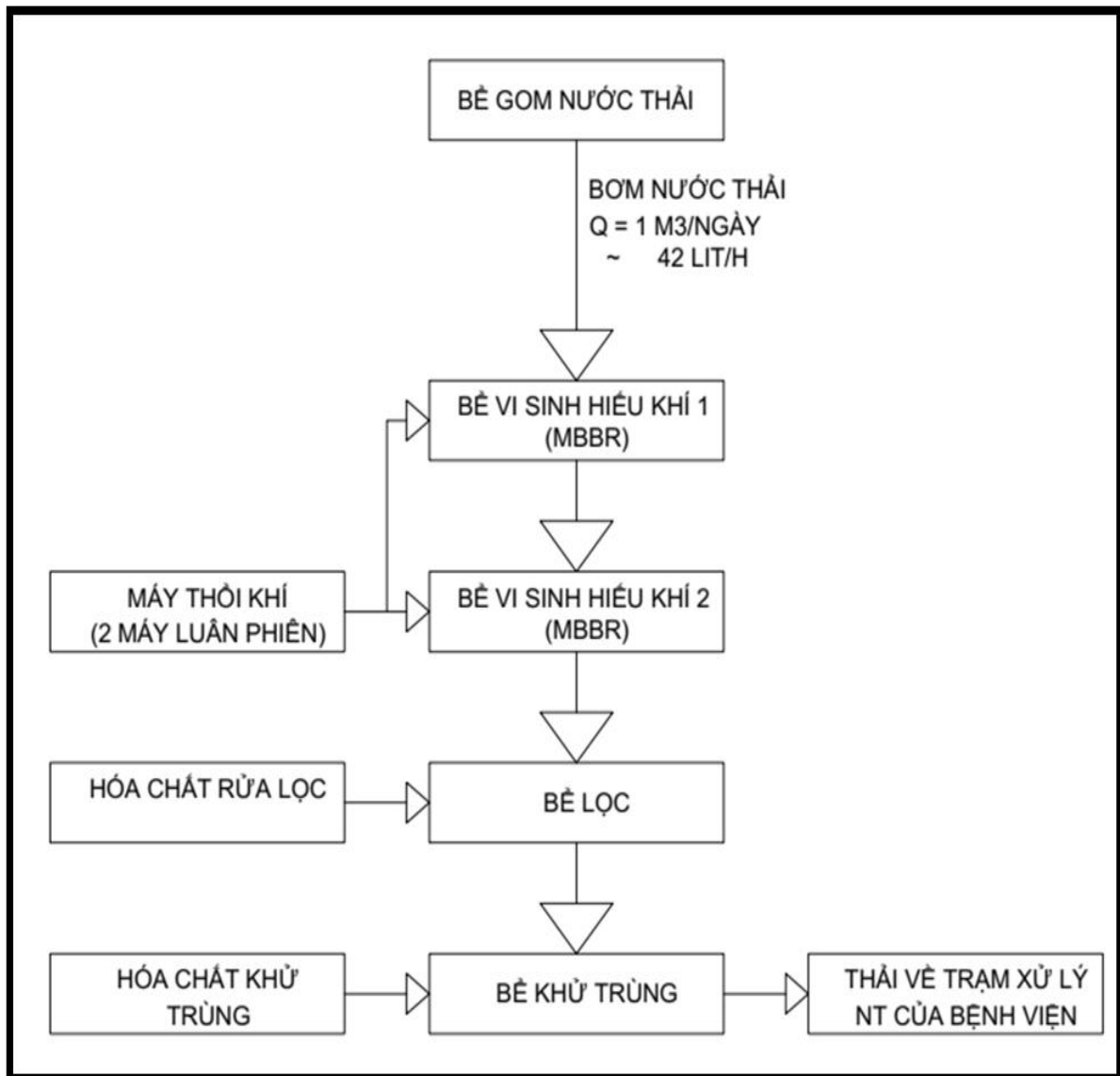
### 3.9.3. Thông số mô hình.

- Lưu lượng thiết kế:  $Q = 100$  lít/giờ
- Bơm nước thải:
  - Số lượng: 1 chiếc
  - Chế độ vận hành: tự động theo phao báo mức
  - Lưu lượng tối đa: 100 lít/giờ
- Máy thổi khí:
  - Số lượng: 2 chiếc
  - Chế độ vận hành: tự động luân phiên (1 chạy, 1 nghỉ theo Time cài đặt của tủ điều khiển)
  - Lưu lượng: 70 lít/phút
  - Cột áp tối đa: 2,4 m
- Mô hình bể vi sinh MBBR
  - Chất liệu: inox
  - Kích thước: 800 x 2000 x 2000 mm.

- Bố trí: 5 ngăn (2 ngăn vi sinh + 1 ngăn lọc MBR + 1 ngăn khử trùng + 1 ngăn đặt tủ điện thiết bị).
- Kích thước mỗi ngăn: theo bản vẽ mm.
- Ngăn vi sinh được bố trí đường cấp khí tinh + lưới chặn + ống phân phối nước.

### 3.9.4. Lắp đặt mô hình xử lý nước theo công nghệ MBBR có sử dụng giá thể xốp pe của đề tài trên địa bàn tỉnh hưng yên với công suất 50 - 100 lit/giờ

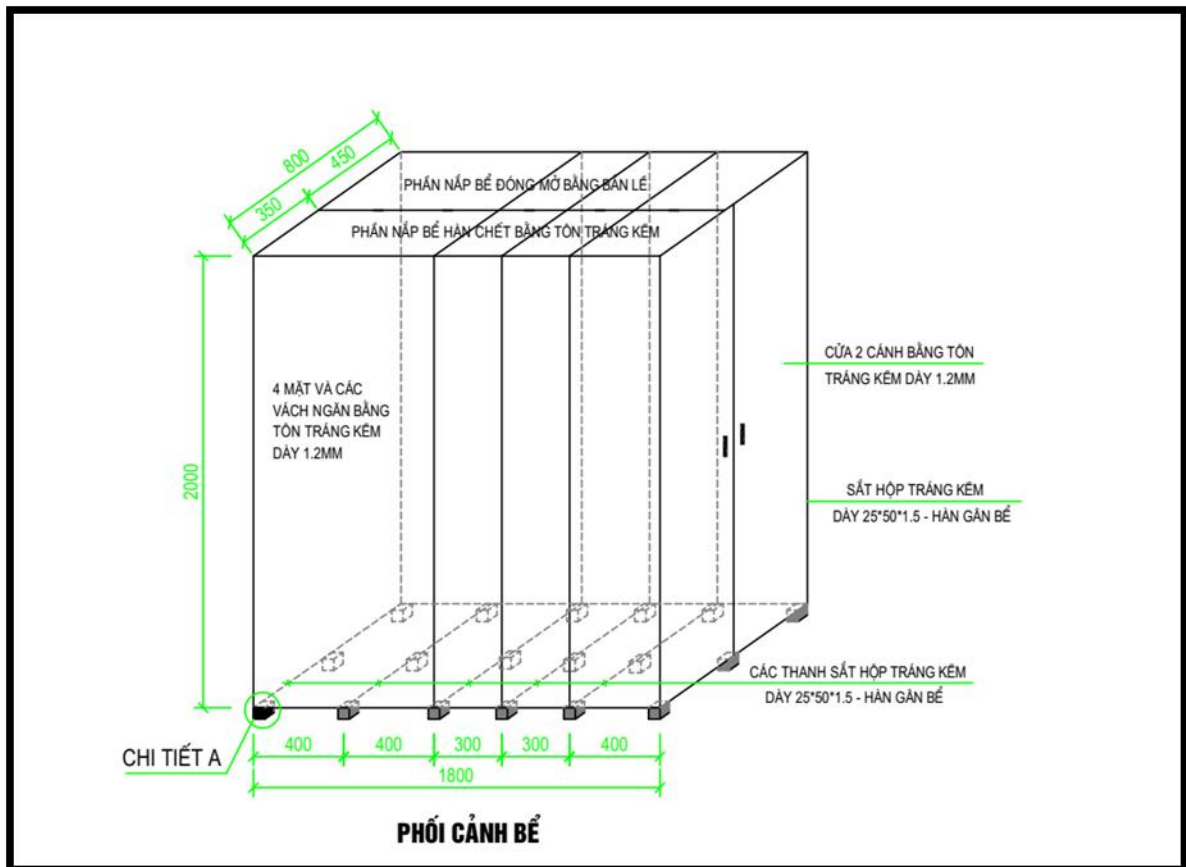
#### 3.9.4.1. Thiết kế hệ thống



Hình 3.38: Sơ đồ khối hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên

Bể có kích thước: Dài 1,8 m x rộng 0,8 m x cao 2 m

Bố trí 5 ngăn: Ngăn vi sinh thiếu khí, ngăn vi sinh hiếu khí, ngăn lọc MBR, ngăn khử trùng, ngăn đặt thiết bị điện.



Hình 3.39: Bản thiết kế bể xử lý

**Nguyên lý vận hành:**

Nước thải từ nhà ăn, văn phòng... được thu gom theo mương và dẫn vào hệ thống tách dầu mỡ để tách loại – tiền xử lý dầu – mỡ.

Nước sau khi được phân tách dầu mỡ - tiền xử lý sơ bộ được dẫn chứa trong bể chứa nước thải (1).

Nước thải từ bể chứa - ổn định (1) được tiến hành dẫn lưu đi xử lý bằng bơm hút sang hệ thống xử lý nước thải (2).

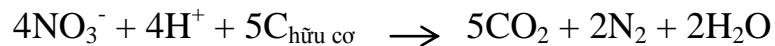
Tại hệ thống xử lý nước thải (2) quá trình xử lý được diễn ra theo quá trình hoá học bao gồm 03 cột trộn hoá chất

- Cột trộn 1 để trung hoà môi trường nước thải sử dụng acid/bazo
- Cột trộn 2 và 3 để bông keo tụ kết lắng các chất rắn lơ lửng, các chất rắn hòa tan, các hợp chất gây ô nhiễm và kim loại ô nhiễm trong nước thải.

Nước thải sau khi được trung hòa, bơm chuyển vào hệ thống Hiếu khí 1 được thiết kế theo kỹ thuật màng lọc sinh học chuyển động (MBBR) sử dụng giá thể làm tổ cho vi sinh hiếu khí phát triển xử lý các thành phần ô nhiễm (xử lý thành phần COD, chuyển hóa  $\text{NH}_4^+$  thành  $\text{NO}_3^-$ ). Giá thể mang vi sinh được cố định thành tầng lọc trong bể, tạo điều kiện cho vi sinh vật bám dính và phát triển. Nước thải được dẫn vào từ đáy bể, chảy ngược lên và thoát ra ở trên mặt bể. Trong khi, các vi sinh thiếu khí có chức năng khử thành phần Nitrat trong



nước thải để giảm chỉ số T-N sử dụng các chủng vi sinh thiếu khí để khử  $\text{NO}_3^-$  thành  $\text{N}_2$ .



Sau quá trình xử lý tại hệ thống xử lý (2), nước thải được bơm hút sang bể lắng (3) để kết lắng và phân lập phần kết lắng xuống dưới và phần nước trong nổi bên trên.

Ổn định pha giữa phần lắng và phần kết tủa, nước trong được bơm hút sang bể lọc (4) để loại bỏ và làm sạch nước thải, còn bã rắn nếu còn dư lượng các chất ô nhiễm thì được bơm thải về bể (1) để hòa tan – xử lý lại.

Nước thải sau khi qua hệ thống lọc (4) đã hoàn toàn loại bỏ được các thành phần gây ô nhiễm như kim loại nặng, chất rắn hòa tan... nhưng vi khuẩn như coliform về cơ bản chưa loại bỏ được.

Quá trình khử khuẩn – khử trùng (5) được thực hiện để xử lý – giải quyết vấn đề ô nhiễm do các khuẩn như coliform gây ra.

Sau tất cả các công đoạn trên, nước thải đã hoàn toàn sạch, nằm trong giới hạn an toàn cho phép của QC ĐP 01:2019/HY để có thể xả ra mương chung (trong mô hình để xả quay trở lại bể điều hòa) đến nguồn tiếp nhận.

#### 3.9.4.2. Gia công chế tạo

*Bảng 3.23: Thiết bị và phụ kiện cho chế tạo mô hình xử lý nước thải tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên*

TT	Tên thiết bị/ phụ kiện	Thông số kỹ thuật	ĐVT	Số lượng
1	Chế phẩm vi sinh gốc - Chủng loại xử lý BOD5 và $\text{NH}_4^+$	pH: 4 – 9, nhiệt độ: 4°C - 40°C; tỷ lệ BOD/COD > 60%.	lít	21
2	Thùng nhựa pha chế	Chất liệu: PE hoặc HDPE Dung tích: 50 lít Đường kính trong miệng (mm): 320 (mm) Đường kính ngoài miệng (mm): 330 (mm) Đường kính ngoài thân (mm): 380 (mm) Chiều cao thùng không nắp (mm): 580 (mm)	cái	4

3	Bộ điều khiển pH và điện cực pH	Dải đo: 0.0 – 14.0 pH Độ phân giải: 0.01pH Độ chính xác ở 25°C: ±0.02 pH Đầu ra: 4-20 mA, độ chính xác ±0.20 mA, trở kháng lớn nhất 50 Ohm Nguồn cung cấp: 220 VAC – 50/60Hz Kích thước: 83 x 53 x 99 mm(3,3 x 2,1 x 3,9 inch)	cái	2
4	Bơm định lượng	Lưu lượng 0-8,16 lít/giờ Điện áp hoạt động: 220V Lưu lượng: 100-200 lít/phút	cái	3
5	Máy thổi khí	Công suất: 250-400 W Điện áp hoạt động: 220V Lưu lượng: 100-200 lít/phút	cái	2
6	Bơm lọc rửa màng	Điện áp: 1P/220V-50HZ Công suất : 370w (1/2hp) Cột áp : 14 – 31m Lưu lượng : 3m <sup>3</sup> /h Họng hút xả : 25 – 25mm	cái	2
7	Màng sinh học	Diện tích màng: 10 m <sup>2</sup> /Module Kích thước: 571 x 45 x 815 (mm) Lỗ màng : 0.1 µm Vật liệu: PVDF	hệ	1
8	Bộ lọc bùn	Kích thước Φ 200 x H 600 Vật liệu inox 304 Lưu lượng tối đa 2 m <sup>3</sup> /giờ	hệ	1
9	Bể xử lý	Kích thước R x D x C = 800 x 1800 x 2000 mm Bể được chia thành 4 – 6 ngăn xử lý và 1 tủ đựng thiết bị. Đáy và các mặt xung quanh được gia cường bằng các thanh sắt hộp tráng kẽm (tương đương hoặc hơn).	bể	1

		Phần nắp bể được thiết kế theo các ngăn có thể cơ động đóng mở.		
10	Bơm nước thải	Loại bơm chìm 220V, 250W Cột nước Hmax 4m, Q 11-16m <sup>3</sup> /giờ	Cái	2
11	Van điện từ	Van điện từ Vật liệu: Đồng, inox Kiểu lắp: Ren và mặt bích	Cái	4
12	Van nhựa	Vật liệu: Nhựa PVC hoặc tương đương	Cái	10
13	Rơ le	Chống tràn, chống cạn	Cái	6
14	Van điều chỉnh lưu lượng	Van điều chỉnh lưu lượng, loại điều chỉnh tuyến tính	Cái	2
15	Đĩa sục khí	Đĩa sục khí, lưu lượng 0.5 – 6 m <sup>3</sup> /giờ, đường kính 9 inch	Cái	8
16	Dây chịu áp	Chất liệu nhựa, chịu áp lực cao cho khí nén 10m	m	10
17	Van 1 chiều	Van 1 chiều ren đồng (các bộ phận bao gồm: Thân van, đĩa van, chốt, nắp van, vít khóa)	Cái	5
18	Đường ống nước	Chất liệu nhựa PVC	m	10
19	Đường ống khí	Chất liệu nhựa PPR	m	8
20	Cút dẫn khí	Chất liệu nhựa PPR	Cái	6
21	Cút nước	Chất liệu nhựa PVC	Cái	10
22	Tê PVC	Chất liệu nhựa PVC	Cái	10
23	Rắc co cho ống dẫn khí	Chất liệu nhựa PPR	Bộ	1
24	Rắc co cho ống nước	Nhựa PVC	Bộ	10
25	Ống nhựa chịu hóa chất	Chất liệu nhựa PE (hoặc tương đương) cho bơm định lượng	m	20
26	Kép	Chất liệu inox	Cái	12
27	Tủ điều khiển hệ thống	Vỏ tủ bằng thép sơn tĩnh điện Kích thước: 600 x 400 x 200 mm	Bộ	1



*Hình 3.40: Chế tạo mô hình xử lý nước thải tại công ty DRET*

### 3.9.4.3. Lắp đặt tại hiện trường

Địa điểm: Bệnh viện Mắt Hưng Yên, 66 đường An Vũ, phường Hiến Nam, Thành phố Hưng Yên.

Thời gian: ngày 26/11/2022

Nguồn nước đầu vào: được lấy từ nguồn bể điều hòa của Bệnh viện Mắt Hưng Yên.

Nguồn nước sau xử lý: được xả về bể điều hòa của hệ thống xử lý nước thải của Bệnh viện.

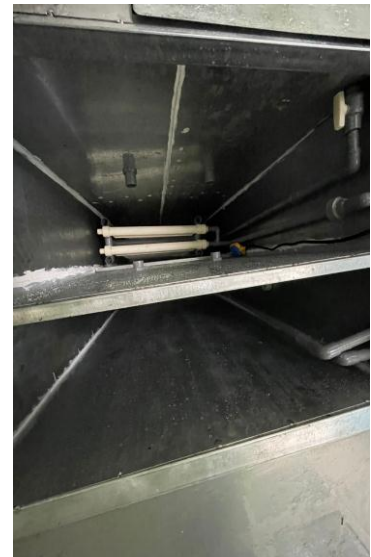
Hình ảnh lắp đặt:



*Hình 3.41: Chuyên thiết bị vào vị trí lắp đặt*



*Hình 3.42: Ngăn đặt thiết bị điện (tủ điện, bơm, bơm định lượng hóa chất)*



*Hình 3.43: Ngăn đặt màng MBR và ngăn khử trùng*



Hình 3.44: Ngăn vi sinh thiếu khí



Hình 3.45: Ngăn vi sinh hiếu khí



Hình 3.46: Bổ sung giá thể cho vi sinh



Hình 3.47: Lắp đặt bơm tại bể điều

### 3.9.5. Đánh giá hiệu quả mô hình xử lý nước thải sinh hoạt tại bệnh viện mắt thời gian chạy thực tế.

Thời gian lắp đặt: ngày 26/11/2022.

Thời gian bắt đầu nuôi cấy vi sinh: từ ngày 14/12/2022.

Do tính chất của nước thải có thể biến động theo từng thời điểm lấy mẫu khác, mẫu nước thải được tiến hành phân tích dựa trên nồng độ xử lý của các thành phần của đầu vào và đầu ra tại từng thời điểm khác nhau.

Kết thúc quá trình nuôi cấy vi sinh được tính từ thời điểm thời điểm mật độ vi sinh đạt bão hòa, hiệu quả xử lý đạt mức tối đa.



*Bảng 3.24: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ nhất*

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Lần 1: tuần 1 (ngày 14/12/2022)		ΔC
			Nguồn vào	Nguồn ra	
1	pH	-	7,27	7,25	0,02
2	BOD5	mgO <sub>2</sub> /l	32	28	2
3	Chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	3	1	2
4	Amoni (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (theo N)	mg/l	15,8	14,9	0,9
5	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (theo N)	mg/l	18,8	19,1	-0,3
6	Photphat (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) (theo P)	mg/l	3,65	3,45	0,2

*Bảng 3.25: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ hai*

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Lần 2: tuần 2		ΔC
			Nguồn vào	Nguồn ra	
1	pH	-	7,23	7,20	0,03
2	BOD5	mgO <sub>2</sub> /l	28	23	5
3	Chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	4	2	2
4	Amoni (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (theo N)	mg/l	16,3	12,2	4,1
5	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (theo N)	mg/l	17,4	19,5	-2,1
6	Photphat (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) (theo P)	mg/l	3,60	3,41	0,19

*Bảng 3.26: : Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ ba*

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Lần 3: tuần 3		ΔC
			Nguồn vào	Nguồn ra	
1	pH	-	7,20	7,15	
2	BOD5	mgO <sub>2</sub> /l	30	15	15
3	Chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	4	2	2
4	Amoni (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (theo N)	mg/l	14,8	9,4	5,4
5	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (theo N)	mg/l	17,1	20,7	-3,6
6	Photphat (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) (theo P)	mg/l	2,59	2	0,59

*Bảng 3.27: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 4*

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Lần 4: tuần 4		ΔC
			Nguồn vào	Nguồn ra	
1	pH	-	7,14	6,81	0,33
2	BOD5	mgO <sub>2</sub> /l	32	13	19
3	Chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	5	2	3
4	Amoni (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (theo N)	mg/l	13,8	5,4	8,4
5	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (theo N)	mg/l	16,3	22,4	-6,1
6	Photphat (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) (theo P)	mg/l	2,72	2,15	0,57

*Bảng 3.28: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 5*

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Lần 5: tuần 5		ΔC
			Nguồn vào	Nguồn ra	
1	pH	-	7,25	6,99	0,26
2	BOD5	mgO <sub>2</sub> /l	43	12	31
3	Chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	6	1	5
4	Amoni (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (theo N)	mg/l	11,8	4,5	7,3
5	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (theo N)	mg/l	13,1	15,5	-2,4
6	Photphat (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) (theo P)	mg/l	3,24	3,2	0,8

*Bảng 3.29: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 6*

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Lần 6: tuần 6		ΔC
			Nguồn vào	Nguồn ra	
1	pH	-	7,20	6,75	0,45
2	BOD5	mgO <sub>2</sub> /l	45	7	38
3	Chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	6	1	5
4	Amoni (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (theo N)	mg/l	17,6	2,24	15,36
5	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (theo N)	mg/l	13,4	23,6	-10,2
6	Photphat (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) (theo P)	mg/l	4,56	3,45	1,11

Kết quả phân tích mẫu nước tại các thời gian khác nhau được trình bày trên bảng 3.24 đến bảng 3.29. Các kết quả phân tích thu được cho thấy, trong khoảng từ 1- 6 tuần đầu tiên, vi sinh xử lý nước thải đang ở giai đoạn phát triển và chưa đạt mật độ bão hòa. Trong đó, hiệu suất xử lý BOD tăng từ 7% lên 72%, amoni từ 6% lên gần 79%. Kết quả phân tích từ tuần thứ 4 đã đạt theo cột A của QCVN 14:2008/BTNMT và QCĐP 01:2019/HY với các thành phần BOD5,



$\text{NH}_4^+$  chỉ từ 4 – 6 tuần thấp hơn nhiều so với công nghệ bùn hoạt tính từ 3 – 6 tháng. Thời gian nuôi cấy vi sinh, sự phát triển theo thời điểm là rất tốt so với công nghệ bùn hoạt tính đặc biệt khi thời điểm nuôi cấy vi sinh vào mùa đông (tháng 12 và tháng 1) của miền Bắc mà hiệu quả xử lý ô nhiễm không bị ảnh hưởng bởi thời tiết. Điều đó chứng tỏ, vi sinh vật xử lý nước thải đã làm tổ và phát triển tốt trên giá thể mang MBBR. Tuy nhiên, trong giai đoạn này, nồng độ ô nhiễm của BOD,  $\text{NH}_4^+$  của nguồn nước thải sinh hoạt đầu vào đều thấp hơn đáng kể so với đặc trưng nước thải sinh hoạt thông thường kết quả lấy mẫu năm 2021 (bảng 3.15). Thời điểm lấy mẫu năm 2021 trùng với thời điểm Bệnh viện tiếp nhận điều trị bệnh nhân nhiễm covid 19. Trong giai đoạn này, lượng bệnh nhân điều trị nội trú và người nhà chăm sóc lớn dẫn tới chỉ số BOD và chỉ số amoni cao. Tuy nhiên, khi triển khai mô hình xử lý nước vào cuối năm 2022, lượng bệnh nhân lưu trú và điều trị trong giai đoạn này tại Bệnh viện Mắt thấp do Bệnh viện gặp khó khăn trong đấu thầu cung cấp vật tư y tế. Điều này dẫn tới có sự chênh lệch đáng kể các chỉ số ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt của Bệnh viện. Do đó, đề tài xin gia hạn 03 tháng để tiếp tục đánh giá hiệu quả mô hình khi vật tư y tế của Bệnh viện được đảm bảo và bệnh nhân quay trở lại điều trị nội trú nhiều hơn.

*Bảng 3.30: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 7*

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Lần 7: tuần 14		$\Delta C$
			Nguồn vào	Nguồn ra	
1	pH	-	7,10	6,55	0,55
2	BOD5	$\text{mgO}_2/\text{l}$	70	7	63
3	Chất rắn lơ lửng (TSS)	$\text{mg/l}$	21	4	17
4	Amoni ( $\text{NH}_4^+$ ) (theo N)	$\text{mg/l}$	29,0	4,2	24,8
5	Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) (theo N)	$\text{mg/l}$	15,7	23,6	-7,9
6	Photphat ( $\text{PO}_4^-$ ) (theo P)	$\text{mg/l}$	6,46	3,15	3,31

*Bảng 3.31: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 8*

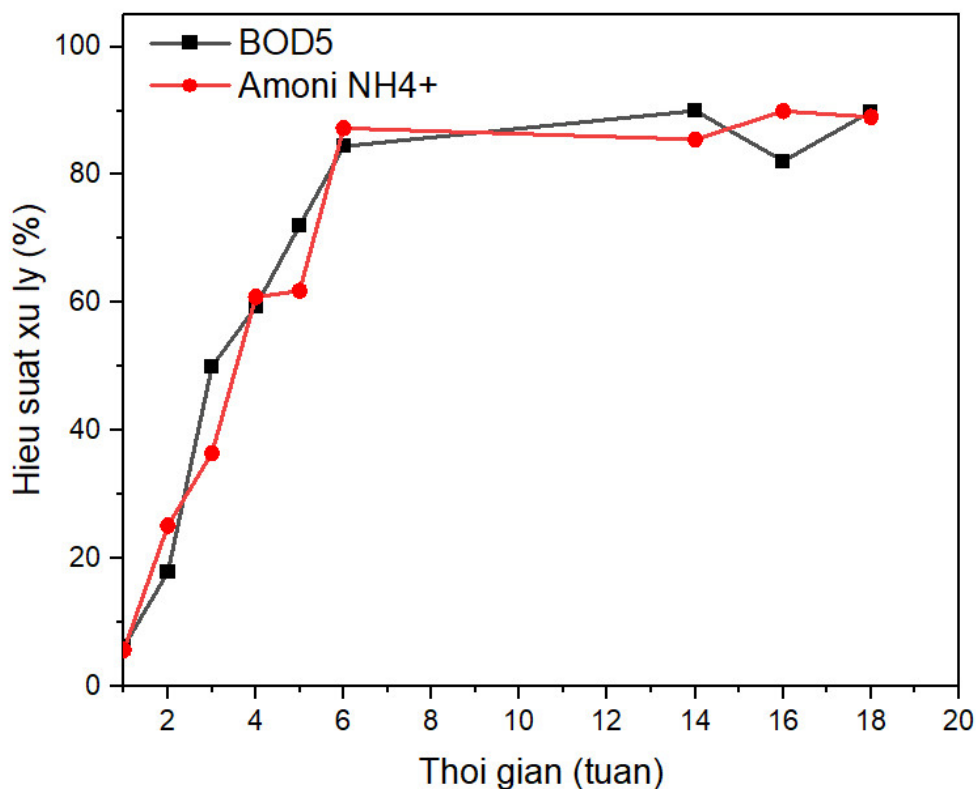
STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Lần 7: tuần 16		$\Delta C$
			Nguồn vào	Nguồn ra	
1	pH	-	7,25	6,58	0,67
2	BOD5	$\text{mgO}_2/\text{l}$	95	17	78
3	Chất rắn lơ lửng (TSS)	$\text{mg/l}$	32	5	27
4	Amoni ( $\text{NH}_4^+$ ) (theo N)	$\text{mg/l}$	35,8	4,3	32,2
5	Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) (theo N)	$\text{mg/l}$	5,5	26,7	-21,2
6	Photphat ( $\text{PO}_4^-$ ) (theo P)	$\text{mg/l}$	6,71	3,21	3,50

*Bảng 3.32: Bảng kết quả phân tích nước thải sinh hoạt Bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 9 (kết quả do Viện Hóa học xác nhận)*

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Lần 7: tuần 18		ΔC
			Nguồn vào	Nguồn ra	
1	pH	-	7,15	6,29	0,86
2	BOD5	mgO <sub>2</sub> /l	89	9	80
3	Chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	31	5	26
4	Amoni (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (theo N)	mg/l	38,6	4,24	34,36
5	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (theo N)	mg/l	2,45	27,5	- 25,05
6	Photphat (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) (theo P)	mg/l	6,56	4,45	2,11

Kết quả phân tích nước thải sinh hoạt tuần thứ 14, 16 và 18, sau khi lượng bệnh nhân điều trị ổn tại Bệnh viện Mắt được thể hiện trên hình 3.30; 3.31 và 3.32. Trong đó, chỉ số BOD trong mẫu nước thải sinh hoạt chưa xử lý đã tăng đáng kể lên lần lượt là 70, 95 và 89 mgO<sub>2</sub>/l. Chỉ số này cao gần gấp 3 lần so với yêu cầu đầu ra trong QCVN 01:2019/HY. Chỉ số amoni đạt lần lượt là 29 và 35,8 và 38,6 mg/l cao hơn 7 lần so với QCVN 01:2019/HY. Chỉ số ô nhiễm như Photphat (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) cao hơn không đáng kể so với quy chuẩn, trong khi hàm lượng nitrat và chất rắn lơ lửng thấp hơn khá đáng kể so với quy chuẩn. Sau xử lý, các chỉ số ô nhiễm đều thấp hơn so với yêu cầu của quy chuẩn. Hiệu quả xử lý BOD và amoni của chủng vi khuẩn đã được thể hiện khá rõ. Trong đó, chỉ số BOD5 đã giảm 63, 78 và 80 đơn vị, trong khi amoni đã giảm lần lượt 24,8, 32,2 và 34,36 đơn vị tương ứng với thời gian lấy mẫu của tuần thứ 14, 16 và 18. Tổng nitơ trong amoni và nitrat sau xử lý đều giảm rõ rệt, chứng tỏ khả năng khử nitơ của lớp màng vi sinh hoạt động hiệu quả sau khi đạt được độ dày cần thiết. Các chỉ số chất rắn lơ lửng, photphat và pH đều giảm và đạt cột A của QCVN 14:2008/BTNMT và QC ĐP 01:2019/HY.

Phân tích hiệu suất xử lý amoni và BOD trên hình 3.48 cho thấy, hiệu suất xử lý tăng nhanh trong khoảng từ 0 đến 6 tuần, tương ứng với thời gian sinh trưởng và phát triển của hệ sinh. Sau 6 tuần, khi hệ vi sinh tương đối ổn định, khả năng xử lý của giá thể này đạt giá trị ổn định trong khoảng từ 82 đến 90 % hiệu suất xử lý của amoni và BOD.



Hình 3.48: Hiệu suất xử lý amoni và BOD5 của hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt tại Bệnh viện mắt Hưng Yên

Bên cạnh đó, kết quả phân tích tổng coliform tại thời điểm tuần 18 (hình 3.49) giảm từ 5300 MPN/ml xuống 100 MPN/ml, thấp hơn khá nhiều so với yêu cầu của QCVN 14:2008/BTNMT là 3000 MPN/ml. Ngoài ra, hàm lượng các kim loại nặng (Hg, Pb, As, Cd, Fe, Mn, Cr và Ni) trong nước thải cũng giảm sau xử lý. Các kết quả trên cho thấy, mô hình xử lý nước thải công suất 1m<sup>3</sup>/ngày đêm của đề tài đã đáp ứng được khả năng xử lý nước thải sinh hoạt tại Bệnh viện Mắt và đạt QCĐP:2019/HY.



**VIỆN HOÁ HỌC**  
**PHÒNG HOÁ MÔI TRƯỜNG**  
 Đ/c: Số 18 - Hoàng Quốc Việt - Cầu Giấy - Hà Nội - Việt Nam  
 ĐT : 024.37563180 Fax: 024.38361283

### PHIẾU KẾT QUẢ PHÂN TÍCH

**Đơn vị gửi mẫu:** Mai Đức Huỳnh – Viện Kỹ thuật Nhiệt đới  
**Địa chỉ:** Số 18, Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội  
**Loại mẫu:** Nước thải sinh hoạt sau xử lý của bệnh viện Mắt Hưng Yên  
**Số lượng mẫu:** 2 mẫu **Ngày gửi mẫu:** 04/05/2023 (mẫu do khách hàng mang đến)

Stt	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả phân tích		QCĐP 01:2019/HY
			Mẫu nước thải chưa xử lý	Mẫu nước thải đã xử lý	
1	pH	-	7,15	6,29	5,0 - 9,0
2	BOD <sub>5</sub> (20°C)	mg/l	89	9	30
3	Chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	21	5	50
4	Amoni (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (theo N)	mg/l	38,6	4,24	5,0
5	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (theo N)	mg/l	2,45	27,5	30
6	Photphat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) (theo P)	mg/l	6,56	4,45	6,0
7	Tổng coliform	MPN/100ml	5300	100	3.000
8	Thủy ngân (Hg)	mg/l	0,00031	< 0,0002	-
9	Chì (Pb)	mg/l	0,0047	0,0016	-
10	Asen (As)	mg/l	0,004	< 0,001	-
11	Cadmi (Cd)	mg/l	0,0004	< 0,0002	-
12	Antimon (Sb)	mg/l	0,0016	< 0,0010	-
13	Sắt (Fe)	mg/l	0,05	0,01	-
14	Mangan (Mn)	mg/l	0,02	0,01	-
15	Crom (Cr)	mg/l	0,0036	0,0014	-
16	Niken (Ni)	mg/l	0,0024	0,0011	-

**Ghi chú:** - QCĐP 01:2019/HY: Quy chuẩn kỹ thuật địa phương về nước thải sinh hoạt

**Viện hoá học xác nhận**  
 TS. Trần Hữu Quang là Phó Trưởng phòng  
**TL. VIỆN TRƯỞNG**  
**KT. TRƯỞNG PHÒNG QLTH**  
**PHÓ TRƯỞNG PHÒNG**



Hà Nội, ngày 08 tháng 05 năm 2023  
**Phó Trưởng Phòng Hoá Môi trường**

TS. Trần Hữu Quang

**Viện Thi Thu Quyện**  
 - Kết quả chỉ có giá trị trên mẫu thử và mang tính thời điểm.  
 - Quá thời hạn lưu mẫu (7 ngày), Phòng Thí nghiệm không giải quyết việc khiếu nại kết quả xét nghiệm.  
 - Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu.

Hình 3.49: Kết quả phân tích nước thải sinh hoạt bệnh viện Mắt Hưng Yên lần thứ 9 - tuần 18 tại Viện Hóa học.

### 3.9.6. Đánh giá hiệu quả hoạt động của mô hình

Bảng 3.33 trình bày tóm tắt chi phí vận hành mô hình xử lý nước thải sinh hoạt công suất 1m<sup>3</sup>/ngày.đêm. Theo đó, để vận hành được mô hình, chi phí được cấu thành bao gồm: hóa chất vận hành mô hình (chế phẩm xử lý, các hóa chất tiền xử lý ban đầu), khấu hao thiết bị và điện. Như vậy, tổng chi phí ban đầu để vận hành thiết bị theo tính toán là 24.697.300 đồng. Trong đó, phần chiếm tỉ lệ nhiều nhất là phần khấu hao thiết bị với chi phí là 15.495.90 đồng, chi phí thiết bị có thể giảm nếu như công suất xử lý được nâng cao hơn. Tiếp theo là chế

phẩm vi sinh gốc và giá thể với tổng chi phí là 8.812.400 đồng. Đây là những chi phí cố định và cần thiết để mô hình vận hành từ ban đầu. Tuy nhiên nếu chỉ tính chi phí vận hành hàng tháng của mô hình (bao gồm hóa chất tiền xử lý và chi phí tiền điện) chỉ vào khoảng 389.000 đồng. Chi phí này phù hợp với các hộ gia đình, các phòng khám, các nhà hàng cỡ nhỏ. Việc mở rộng công suất xử lý sẽ góp phần giảm chi phí vận hành tính trên đơn vị m<sup>3</sup>.

*Bảng 3.33: Chi phí ban đầu để vận hành mô hình xử lý nước thải công suất 1m<sup>3</sup>/ngày.đêm.*

Khoản mục	ĐVT	Số lượng	Đơn giá (đồng)	Thành tiền (đồng)
<b>1. Nguyên liệu</b>				<b>8.871.400</b>
Chế phẩm vi sinh gốc xử lý BOD5 và NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> sử dụng ban đầu	lít	2,5	1.500.000	3.750.000
Đường ăn (cấp trong 1 tháng)	kg	3	15.000	45.000
Axit H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> trong 1 tháng sử dụng	lít	0,05	120.000	6.000
Sút NaOH trong 1 tháng sử dụng	kg	0,05	100.000	5.000
Chất trợ lắng PAC trong 1 tháng sử dụng	kg	0,1	30.000	3.000
Giá thể vi sinh ban đầu	kg	35	144.640	5.829.800
<b>2 - Thiết bị</b>				<b>15.495.900</b>
Khấu hao thiết bị (10%)	%	10	154.959.000	15.495.900
<b>3 - Điện (1 tháng)</b>	số điện	150	2.200	<b>330.000</b>
<b>Tổng cộng (đ)</b>				<b>24.697.300</b>





*Hình 3.50: Tổ chức Hội thảo tại tỉnh Hưng Yên*



*Hình 3.51: Đại biểu hội thảo thăm quan mô hình xử lý nước tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên*

### **Hiệu quả đối với xã hội và môi trường**

Để đáp ứng được nhu cầu ngày càng cao từ khách hàng, công nghệ MBBR được nhiều công ty xử lý môi trường lựa chọn, đi kèm với đó là một lượng lớn giá thể sinh học. Việc tự chủ sản xuất trong nước góp phần giảm giá thành, chủ động công nghệ nhờ đó có thể đáp ứng được nhu cầu cho các công ty môi trường xử lý nước, các hộ kinh doanh, nuôi trồng thủy sản, các cơ sở sản xuất có nguồn nước thải, v.v... Sản phẩm giá thể dạng xốp sinh học trên nền PE có thể

sản xuất ở trong nước dựa trên công nghệ đùn có sử dụng chất phụ gia đi kèm hoàn toàn đáp ứng được các tiêu chí về diện tích xốp, tỉ trọng ... nên hoàn toàn có thể cạnh tranh được với các sản phẩm nhập ngoại. Hiện nay, phần lớn giá thể dạng xốp PE biochip đều nhập từ nước ngoài nên có giá thành cao. Việc tự chủ sản xuất trong nước là cơ hội để sản phẩm giá thể dạng xốp PE có thể cạnh tranh và chiếm lĩnh thị trường trong nước.

Về mặt kinh tế, sản xuất được giá thể dạng xốp PE biochip sẽ giảm giá thành sản phẩm, do vậy công nghệ MBBR có thể mở rộng các đối tượng có thể tiếp cận với chi phí phù hợp như các hộ gia đình sản xuất, các trang trại chăn nuôi, các công ty sản xuất, nhờ đó cả bên sản xuất và người tiêu dùng đều được lợi về mặt kinh tế.

Về mặt môi trường, giá thành của giá thể giảm sẽ góp phần mở rộng ứng dụng công nghệ MBBR trong xử lý nước thải sinh hoạt, nhờ đó sẽ góp phần giảm ô nhiễm nguồn nước, cải thiện chất lượng đời sống cho người dân.

### 3.10. Các sản phẩm của đề tài/dự án/đề án

#### Dạng I:

Số TT	Tên sản phẩm cụ thể và chỉ tiêu chất lượng chủ yếu của sản phẩm	Đơn vị đo	Mức chất lượng		Ghi chú
			Đăng kí theo thuyết minh	Thực tế đạt được	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(8)
1	<b>Giá thể vi sinh từ vật liệu PE xốp</b>	kg	100	100	Đạt
1.1	Đường kính	mm	30	30	Đạt
1.2	Diện tích bề mặt tiếp xúc	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	>1500	3750	Đạt
1.3	Tỉ trọng sản phẩm	g/cm <sup>3</sup>	0,6-0,8	0,64	Đạt



Dạng II:

STT	Sản phẩm	Đơn vị tính	Số lượng, quy mô theo hợp đồng và thuyết minh	Thực tế đạt được	Ghi chú
1	Quy trình chế tạo giá thể vi sinh từ vật liệu PE xốp	Quy trình	<p>Quy trình được nghiệm thu cấp cơ sở:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Quy trình chế tạo theo quy mô phòng thí nghiệm.</li> <li>- Công suất thiết kế có thể đạt 25 kg/giờ.</li> <li>- Quy trình công nghệ có tính ổn định cao, sản phẩm đạt chỉ tiêu đăng kí.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 01 quy trình được nghiệm thu cấp cơ sở</li> <li>- Quy trình có thể thực hiện theo quy mô phòng thí nghiệm.</li> <li>- Công suất đạt 25 kg/giờ.</li> <li>- sản phẩm đạt tính ổn định và chỉ tiêu chất lượng đăng kí.</li> </ul>	Đạt
2	Mô hình ứng dụng giá thể vi sinh từ vật liệu PE xốp xử lý nước thải trên địa bàn tỉnh Hưng Yên.	Mô hình	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Công suất xử lý nước thải sin hoạt 1m<sup>3</sup>/ngày. đêm.</li> <li>- Sản phẩm nước sau xử lý đạt cột A QCVN 14:2008/BTNMT và hệ số khu vực K<sub>hy</sub> theo QCDP 01:2019/HY tại địa phương thử nghiệm (với các chỉ tiêu đánh giá pH, BOD5, TSS, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lắp đặt 01 mô hình tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên.</li> <li>- Công suất hoạt động đạt 1m<sup>3</sup>/ngày. đêm.</li> <li>- Sản phẩm nước sau xử lý đạt cột A QCVN 14:2008/BTNMT và hệ số khu vực K<sub>hy</sub> theo QCDP 01:2019/HY tại địa phương thử nghiệm (với các chỉ tiêu đánh giá pH, BOD5, TSS, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub>)</li> </ul>	Đạt

**Dạng III:** Bài báo; Sách chuyên khảo và các sản phẩm khác

<b>Số TT</b>	<b>Tên sản phẩm</b>	<b>Yêu cầu khoa học cần đạt</b>	<b>Dự kiến nơi công bố</b> (Tạp chí, Nhà xuất bản)	<b>Ghi chú</b>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	01 Bài báo	- Có tính mới - Có mã số đề tài - Nội dung bài báo phản ánh nội dung của đề tài.	Đã được đăng trên Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học SPKT Hưng Yên.	Vượt
2	01 giải pháp hữu ích	- Chấp nhận đơn	- Cục Sở hữu trí tuệ.	Vượt

- Vũ Tiến Giáp, Nguyễn Thúy Chinh, Nguyễn Hữu Đạt, Nguyễn Thị Diệu Linh, Trần Hữu Trung, Bùi Quốc Huy, Nguyễn Thị Thúy Anh, Nguyễn Vũ Giang, Mai Đức Huỳnh, “Nghiên cứu chế tạo giá thể dạng đĩa dẹt xốp trên nền nhựa polyetylen tỉ trọng cao (HDPE) sử dụng phụ gia tạo nở azodicacbonamit”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học SPKT Hưng Yên*, số 36, tr 21-26.

- Giải pháp hữu ích: “Giá thể sinh học dạng xốp và phương pháp chế tạo giá thể sinh học dạng này”. Số đơn: 2-2022-00552, nộp ngày 07/12/2022. Chấp nhận đơn hợp lệ theo Quyết định số 6193w/QĐ-SHTT ngày 03/03/2023 của Cục SHTT.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. Kết luận

Đã chế tạo thành công giá thể sinh học dạng xốp trên nền nhựa polyetylen tỉ trọng cao theo quy trình chế tạo giá thể PE xốp ở qui mô phòng thí nghiệm với công suất thiết kế đạt 25 kg/giờ. Chế tạo được 100 kg giá thể vi sinh từ vật liệu PE xốp có xác nhận bàn giao với Bệnh viện Mắt Hưng Yên. Giá thể sau chế tạo có diện tích bề mặt đạt  $3750 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , đường kính 30 mm, khối lượng riêng  $0,64 \text{ g/cm}^3$  đáp ứng được yêu cầu và khả năng sử dụng trong thực tế.

Thông qua xây dựng và vận hành mô hình xử lý nước thải qui mô phòng thí nghiệm (2-10 lít/giờ) và mô hình xử lý tại Bệnh viện Mắt Hưng Yên (qui mô  $1 \text{ m}^3/\text{ngày đêm}$ ) cho thấy chất lượng nước thải sau xử lý đạt cột A QCVN 14:2008/BTNMT và hệ số khu vực  $K_{hy}$  theo QCVN 01:2019/HY (với các chỉ tiêu đánh giá pH, BOD<sub>5</sub>, TSS,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4$ ).

Từ các chỉ tiêu kỹ thuật đạt được của giá thể, tải lượng xử lý và chất lượng nước thải sinh hoạt sau khi xử lý bằng giá thể vi sinh từ vật liệu PE xốp của đề tài hoàn toàn đáp ứng được các điều kiện xử lý nước thải sinh hoạt và thay thế sản phẩm nhập ngoại.

Ngoài ra, đề tài đã công bố 01 bài báo trên Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học SPKT Hưng Yên. 01 giải pháp hữu ích được chất nhận đơn hợp lệ. Tổ chức 02 buổi hội thảo (04 báo cáo tại hội nghị) về sản phẩm giá thể và mô hình ứng dụng trong xử lý nước thải sinh hoạt.

*Những đóng góp mới của đề tài:*

- Đã chế tạo thành công giá thể vi sinh từ vật liệu PE xốp có kết hợp với PEGMA và PEO để cải thiện khả năng bám dính và phát triển của vi sinh lên trên nền. Giá thể sau chế tạo có diện tích bề mặt đạt  $3750 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , đường kính 30 mm, khối lượng riêng  $0,64 \text{ g/cm}^3$  hoàn toàn đáp ứng khả năng sử dụng trong thực tế.

- Xây dựng thành công 01 mô hình xử lý nước thải sinh hoạt với công suất  $01 \text{ m}^3/\text{ngày đêm}$  với chất lượng nước đạt cột A QCVN 14:2008/BTNMT và QCVN 01:2019/HY tại địa phương thử nghiệm (với các chỉ tiêu đánh giá pH, BOD<sub>5</sub>, TSS,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4$ ).

### 2. Kiến nghị

+ Từ các kết quả đạt được, đề tài mong muốn Sở Khoa học và Công nghệ Hưng Yên nhanh chóng nghiệm thu và công nhận kết quả của đề tài. Đây là cơ sở ban đầu để tiến tới triển khai ứng dụng giá thể cũng như mô hình xử lý nước thải theo công nghệ MBBR vào thực tế, giúp cho người dân, các hộ sản xuất, nhà hàng, phòng khám tiếp cận được công nghệ với giá thành cạnh tranh.

+ Từ các kết quả của đề tài, có thể chuyển giao, liên kết sản xuất giá thể cho các đơn vị có nhu cầu đáp ứng được các điều kiện sản xuất tại tỉnh Hưng Yên. Đồng thời, kết hợp với công ty phối hợp thực hiện đề tài là: DRET và Đại dương xanh để phát triển và nhân rộng mô hình xử lý nước thải sinh hoạt.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. I.D. Manariotis and S.G. Grigoropoulos, Anaerobic filter treatment of municipal wastewater: Biosolids behavior, *J. Environ. Eng.-ASCE*, 132 (2006) 23- 31.
2. N. Vassilev, M. Vassileva, M. Fenice, F. Federici, Immobilized cell technology applied in solubilization of insoluble inorganic (rock) phosphates and P plant acquisition, *Bioresour. Technol.* 79 (2001) 263–271.
3. L.S. Zhang, W.Z. Wu, J.I. Wang, Immobilization of activated sludge using improved polyvinyl alcohol (PVA) gel, *J. Environ. Sci.* 19 (2007) 1293–1297.
4. M.B. Cassidy, H. Lee, J.T. Trevors, Environmental applications of immobilized microbial cells: A review, *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 16 (1996) 79–101.
5. K.C. Chen, C.Y. Chen, J.W. Peng, J.Y. Houng, Real-time control of an immobilized-cell reactor for wastewater treatment using ORP, *Water Res.* 36 (2002) 230–238.
6. M.X. Loukidou, A.I. Zouboulis, Comparison of two biological treatment processes using attached-growth biomass for sanitary landfill leachate treatment, *Envi-ron. Pollut.* 111 (2001) 273–281.
7. Stavroula Sfaelou, Chrysi A. Papadimitriou, Ioannis D. Manariotis, Joseph D. Rouse, John Vakros & Hrissi, K. Karapanagioti, Treatment of low-strength municipal wastewater containing phenanthrene using activated sludge and biofilm process, *Desalination and Water Treatmenta*, (2015), 1-11.
8. Lijuan Deng, Wenshan Guo, Huu Hao Ngo, Xinbo Zhang, Xiaochang C. Wang, Qionghua Zhang, Rong Chen, “New functional biocarriers for enhancing the performance of a hybrid moving bed biofilm reactor–membrane bioreactor system”, *Bioresource Technology*, Volume 208, May 2016, Pages 87-93.
9. <https://hanhtrinhxanh.com.vn/cong-nghe-mbbr-xu-ly-nuoc-thai.html>
10. Aygun, A., Nas, B., Berktaş, A., Influence of high organic loading rates on COD removal and sludge production in moving bed biofilm reactor. *Environ. Eng. Sci.* 25, (2008) 1311–1316.
11. Shore, J.L., M’Coy, W.S., Gunsch, C.K., Deshusses, M.A., Application of a moving bed biofilm reactor for tertiary ammonia treatment in high temperature industrial wastewater. *Bioresour. Technol.* (2012) 112, 51- 60.
12. Zhang, S., Wang, Y., He, W., Wu, M., Xing, M., Yang, J., Gao, N., Yin, D., 2013., Responses of biofilm characteristics to variations in temperature and  $\text{NH}_4^+$ -N loading in a moving-bed biofilm reactor treating micro-polluted raw water. *Bioresour. Technol.* 131, (2013) 365- 373.

13. Meta Levstek, Igor Plazl, Influence of carrier type on nitrification in the moving-bed biofilm process, *Water Sci. and Technol.* 59(5) (2009), 875–882.
14. Meta Levstek, Igor Plazl and Joseph D. Rouse, Estimation of the Specific Surface Area for a Porous Carrier, *Acta Chim. Slov.* (2010), 57, 45–51.
15. Heck, R. L. III, A review of commercially used chemical foaming agents for thermoplastic foams, *Journal of Vinyl and Additive Technology*, (2004), 4, 113.
16. Klempner, D.; Frisch, K. C. *Handbook of Polymeric Foams and Foam Technology*; Hanser: New York, 1991.
17. Kosin, J.A. and Tice, C.L., Novel endothermic chemical foaming agents and their applications, *J. Cell. Plast.*, 26, 332, 1990.
18. Rizvi, G.; Matuana, L. M.; Park, Development of high void fraction polylactide composite foams using injection molding: Crystallization and foaming behaviors, *Chemical Engineering Journal* 262 (2015) 78-87.
19. Matuana, L.M., Li, Q.: A factorial design applied to the extrusion foaming of polypropylene/ wood-flour composites. *Cell. Polym.* 20(2) (2001) 115–130.
20. Qingxiu Li, Laurent M. Matuana, Foam Extrusion of High Density Polyethylene/Wood-Flour Composites Using Chemical Foaming Agents, *J Appl Polym Sci* 2003; 88: 3139–3150.
21. Võ Nguyễn Xuân Phương, Lương Ngọc Thủy, Lê Phúc Nguyên, Nguyễn Hữu Lương, Nghiên cứu tổng hợp và đánh giá vật liệu siêu xốp ứng dụng xử lý dầu tràn dựa trên Cellulose tự nhiên trích ly từ giấy thải, Viện Dầu khí Việt Nam,
22. Lê Thành Dũng, Nguyễn Thanh Tùng, Phan Thanh Sơn Nam, vật liệu khung cơ kim (MOFs): các ứng dụng từ hấp thụ khí đến xúc tác, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ* 50 (6) (2012) 751-766.
23. Mai Văn Tiến: “Nghiên cứu tổng hợp và ứng dụng vật liệu polyme xốp-cấu trúc nano, trong xử lý nước thải chứa kim loại nặng và các dung môi hữu cơ”, Đề tài cấp Bộ KH&CN, 2016-2018.
24. Tống Thị Thanh Hương, Khóa luận tốt nghiệp cao học: “Nghiên cứu chế tạo vật liệu mới polymer hữu cơ xốp cho quá trình lưu trữ và xử lý CO<sub>2</sub> trong khí thải công nghiệp”, Bộ đề tài KH&CN cấp Bộ 2016-2018.
25. Phong Tan Nguyen, Tran Thi Hong Le, Duy Le Hoang Pham, 2011 on Low Cost Decentralized Domestic Wastewater Treatment By A Moving Bed Biofilm Reactor for Household and Small Community Conference & Exhibition - Toward Sustainable Water Supply and Recycling Systems, Japan.
26. Nguyễn Thị Mai, 2018. Nghiên cứu xác định của hiệu quả BOD, COD, tổng nito của một số loại màng lọc sinh học lơ lửng (MBBR), *Tạp chí hoạt động*



Khoa học Công nghệ, Viện An toàn - Sức khỏe và Môi trường Lao động. Tạp chí hoạt động Khoa học Công nghệ, số 1,2&3, trang 105-111.

27. Trần Đức Thảo, Nguyễn Thị Cẩm Mỹ, Võ Đặng Thùy Trang, Trần Thị Thu Hiền, 2017. Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải thủy sản của mô hình giá thể di động (MBBR) sử dụng giá thể biochip M. Tạp chí hoạt động Khoa học Công nghệ, Viện An toàn - Sức khỏe và Môi trường Lao động, số 4,5&6, trang 72-79.

28. Trần Thị Thu Hiền, Nguyễn Tiến Hán, Vũ Thị Liễu, Nguyễn Ngọc Tân, Võ Thị Thúy Lê, Trần Đức Thảo, 2017. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ MBBR sử dụng giá thể Biochip M để xử lý nước thải giết mổ gia cầm. Tạp chí Khoa học & Công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, số 43, trang 109-113.

29. Trần Thị Thu Hiền, Nguyễn Thị Diệu Cẩm, Kiều Nhật Linh, Nguyễn Văn Lượng, Nguyễn Thị Thanh Bình, Nguyễn Thanh Việt, Trần Đức Thảo, Vũ Thị Liễu, “Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải sinh hoạt bằng công nghệ mbbf sử dụng giá thể biochip M”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, tập 57 – số 1 (02/2021).

30. Vu Giang Nguyen; Hoang Thai; Duc Huynh Mai; Huu Trung Tran; Dai Lam Tran; Manh Tuan Vu, “Effect of titanium dioxide on the properties of polyethylene/TiO<sub>2</sub> nanocomposites” , Composites Part B, 2012, 45(1), – . doi:10.1016/j.compositesb.2012.09.058.

31. Krehula, Ljerka Kratofil; Katančić, Zvonimir; Siročić, Anita Ptiček; Hrnjak-Murgić, Zlata, “Weathering of High-Density Polyethylene-Wood Plastic Composites”, Journal of Wood Chemistry and Technology, (2013) 34(1), 39–54. doi:10.1080/02773813.2013.827209.

32. Xiaoyu Bi; Runzhou Huang, “Preparation, morphology, FTIR and performance properties of foaming particleboard”, Journal of Wood Science, (2021) 67,51 –. doi:10.1186/s10086-021-01984-6