

요 약 문

I. 제목

축산폐수 처리수 중 잔류 항생제의 제거 및 항생제 내성 미생물의 유출 방지 방안 연구

II. 연구의 목적 및 필요성

본 연구에서는 하수처리장이나 축산분뇨 처리시설로부터 미처리 항생물질과 항생제 내성세균의 하천으로의 유출을 방지하기 위한 방안으로, 생물학적 처리공정에 의해서 분해되지 않고 잔류하는 항생물질을 추가로 분해하는 동시에 항생제 내성 세균의 제거를 도모할 수 있는 강화된 소독까지 병행할 수 있는 대안으로써 어떠한 기술적 선택 및 조합이 가장 적합한지에 대하여 고도산화처리 공정을 중심으로 비교 연구 목적으로 한다.

III. 연구의 내용 및 범위

1. 생물학적 처리공정후 잔류 항생물질의 분해를 위한 AOP 처리효율 비교 : UV 기반 기술과 O_3 기반기술
2. 선정된 AOP/소독 조합에 대한 미생물 소독능 비교
3. 항생물질 유출 방지/소독능 확보를 위한 공정 제안

IV. 연구결과

- 본 연구는 축산폐수 및 분뇨처리 시설에서 제거되지 않고 방류될 수 있는 축산업용 항생물질을 제거하고 항생제 함유 환경에서 존재할 수 있는 박테리아의 소독을 동시 제거할 수 있는 기술적 대안으로써 UV/ O_3 / H_2O_2 기반의 고도산화기술(AOP)의 적용 타당성을 비교 검토하였다.
- 수질이 양호한 경우에는 항생제 분해율 및 분해속도가 O_3 단독 < O_3/H_2O_2 < O_3/UV ≤ $O_3/UV/H_2O_2$ 의 순을 나타내었다. O_3/H_2O_2 에 비하여 O_3/UV 의 분해속도가 월등히 크며 O_3/UV 조합의 경우 모든 조합이 다 사용되는 $O_3/UV/H_2O_2$ 와 비교하여 분해능이 크게 차이 나지 않는 점들을 고려해 볼 때 항생제 분해를 위한 AOP 조합으로는 O_3+UV 두가지의 조합이 바람직한 것으로 나타났다.
- 실 축산폐수에 항생제가 포함되어 있는 경우에는 O_3 단독으로는 분해율이 높지 않았으며 O_3/UV 나 $O_3/UV/H_2O_2$ 의 적용이 효과적이었다. 이 중 $O_3/UV/H_2O_2$ 조합을 사용한 것이 항생제, 총 COD, 색도에 대한 분해효과가 가장 우수하였다.
- 축산폐수 중의 일반세균 총개체수 중 항생제 10 mg/L 농도에 대하여 AMX 내성균의 비

율이 가장 높았으며 그 내성율은 무려 50%나 되었다. SDM 에 대한 내성율은 15.7%이었으며 CTC에 대한 내성율은 0.46%로 가장 작았다.

- 실 축산폐수에서의 소독은 오존보다는 UV가 효과적임을 알 수 있다. 보다 소독에 효과적인 방법은 UV와 오존을 같이 사용하는 것인데, 이 경우에는 서로 상승효과가 작용하여 총 HPC는 30분 이내, AMX 및 항생제 내성균은 20분 이내에 5 log 이상의 제거율을 보이면서 거의 100% 불활성화 되었다.

- O₃/UV 조합 AOP 반응기는 기계적 에너지를 최소화하고 주어진 용적에 가능한 한 긴 체류시간을 허용하여야 하며, 아울러 UV lamp를 설치하기 용이해야 특징을 고려하여 다단계 수직형 기포확산식 접촉장치 (vertical-baffled bubble diffuser type contactor)가 바람직하며 유입부에서 오존이 용존된 물이 가능한 한 충분히 UV 조사를 받도록 하는 설계가 필요하다.

- 본 연구에서 도출되어 추천 제안하는 O₃/UV 복합 AOP 공정은 생물학적처리, 화학적처리(응집, 응결, 침전)이 수행되고 난 후 항생물질을 포함한 난분해성 유기물과 색도 등이 잔류하는 경우에 최종 3차처리 와 terminal disinfection의 동시수행의 차원에서 실시하는 것이 바람직하다. 분뇨처리(축산분뇨 포함)에서는 생물학적 처리를 거치고 난 후 침전과 여과 단계의 후단에 설치하는 것이 바람직하며, 잔류 색도 및 COD 제거와 탈취의 목적으로 사용하는 활성탄 흡착과 최종적 소독 단계를 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

v. 연구결과의 기대효과 및 활용계획

- 항생물질 및 내성균이 하폐수처리장에서 미처리되어 주변 수계로 방류되는 것을 방지하기 위한 기술적 대안의 제공

- AOP와 강화소독을 한 처리단계에서 수행할 수 있으면서 COD 저감, 탈취, 탈색 목적으로 운영되는 활성탄흡착 및 독립적인 최종 소독 단계를 대체할 수 있는 시설개선 가능

- 본 연구에서 도출된 최선의 기술 조합을 지자체 및 환경설계 기업들과 정보를 공유하여 향후 하수처리시설이나 축산폐수처리시설의 개선에 적용할 것을 추진

SUMMARY

I. Title

Study on the removal of antibiotics and antibiotic-resistant bacteria in treated effluent of animal wastewater

II. Importance and Objectives

In order to prevent the discharge of untreated antibiotic materials and antibiotic-resistant bacteria from animal waste treatment facilities, possible selections of potential advanced oxidation processes (AOP) were investigated and their performance was compared in terms of antibiotics degradation and enhanced disinfection of antibiotic-resistant bacteria.

III. Scope of Research

- Comparison of potential AOPs for antibiotics degradation
- Comparison of AOPs for the disinfection of antibiotic-resistant bacteria
- Suggestion of potential AOP processes and their position and role.

IV. Results and Discussion

- Application feasibilities were compared between potential AOP combinations (UV-based and O₃-based) for the degradation of antibiotic compounds and antibiotic-resistant bacteria in animal wastewater.
- In water body with a good water quality, O₃/UV combination was best for antibiotics degradation.
- In a real animal wastewater, O₃/UV/H₂O₂ combination showed the best performance for antibiotics degradation and the removal of COD and color.
- Among total bacteria found in animal wastewater, the fraction of AMX-resistant bacterial was very high, which implies that animal farms used AMX very much recently.
- For the disinfection of total bacteria and antibiotic-resistant bacteria, UV was better than ozone, and UV/O₃ combination was better than UV alone. More than 5-log inactivation of total HPC was achieved within 30 min with O₃/UV. The AMX-resistant bacterial was inactivated as much as 5-log within 20 min.
- The O₃/UV combo reactor should allow longer residence time and minimize the

energy consumption. So a multi-chamber vertical-baffled bubble diffuser type contactor is desirable, and the initially dissolved ozone needs to be irradiated by UV for a long time.

- The suggested AOPs (O_3/UV or $O_3/UV/H_2O_2$ contactor) would be appropriate for the tertiary treatment of color, COD including antibiotics and for a terminal disinfection after a series of biological treatments, chemical treatments and hopefully after precipitation and filtration. So the use of suggested AOP may be able to replace activated carbon adsorption and separate disinfection units.

V. Applications

- A technological countermeasure against the leakage of antibiotic compounds and antibiotic-resistant bacteria to natural environment has been established.
- The suggested AOPs can replace the activated carbon adsorption and separate terminal disinfection units by combining degradation of COD, color and antibiotics and enhanced disinfection.
- The information provided in this study will be shared with local governments and environmental engineering companies to renovate the facilities of domestic wastewater treatment and animal waste treatment.

CONTENTS

SUMMARY	iii
CONTENTS	v
Chapter 1. Introduction	1
1. Background and Motivation	3
1. Objectives	5
Chapter 2. The Status Review	7
1. Domestic	9
2. International	20
3. Advanced Oxidation processes	22
Chapter 3. Scope, Methods and Strategy	35
1. Goal of the Study	37
2. Scope	37
3. Materials and Methods	39
Chapter 4. Results and Discussion	51
1. UV-based AOP	53
2. O ₃ -based AOP	71
3. Total bacteria and antibiotic-resistant bacteria	78
4. Removal of COD, color and antibiotics in real animal wastewater	83
5. AOP combination and process flow	90
Chapter 5. Conclusions	99
1. Summary and Suggestion	101
2. Application plans	103
Chapter 6. References	107

목 차

요약문	i
SUMMARY	iii
CONTENTS	v
제 1 장 서론	1
1. 연구의 필요성	3
2. 연구의 목적	5
제 2 장 국내외 연구 동향	7
1. 국내 축산업 항생제 사용 현황	9
2. 해외의 축산용 항생제 관리	20
3. 고도산화기술	22
제 3 장 연구의 범위 및 방법	35
1. 연구목표	37
2. 연구의 범위	37
3. 재료 및 방법	39
제 4 장 결과 및 고찰	51
1. UV 기반 공정	53
2. 오존 기반 공정	71
3. 일반세균 및 항생제 내성균에 대한 소독능	78
4. 실제 축산폐수에서의 COD, 색도, 항생물질의 제거	83
5. AOP 조합과 공정흐름 제안	90
제 5 장 결론 및 기대효과	99
1. 결과요약 및 결론	101
2. 기대효과 및 활용계획	103
제 6 장 참고문헌	107