

活性汚泥による油分の加水分解について

東北大学 正 松本順一郎
 東北大学 学 〇 徐 鏡 基
 東北大学 学 森田 弘昭

1. はじめに:

油が微生物によって吸収、分解されるには、リパーゼ酵素によって分解されなければならない。一般に微生物による油分の総括的分解は、2つの経路を経て行なわれる。まず油はリパーゼによって加水分解され、遊離脂肪酸とグリセリンを生成する。これは加水分解段階である。加水分解されて出来た遊離脂肪酸は更に酸化され、CO₂とH₂Oになる。これは酸化段階である。現在まで、オリーブ油の活性汚泥による総括的オリーブ油の除去、又は、遊離脂肪酸の活性汚泥による分解、酸化について動力学的除去式を求めていたので、今回は、特に加水分解段階や加水分解速度について検討した。

2. 実験および分析方法:

使用した活性汚泥は表-1に示す基質で馴養したものである。又、基質のうちオリーブ油は油分量に対して1/10の乳化剤Tween 80を加え、ホモジナイザで十分乳化して投与した。実験方法は振とう培養の方式である。まず、500mlの振とうフラスコに約2200~2500mg/lの活性汚泥100mlを入れたのち、乳化したオリーブ油5mlを加えて全量105mlとした。このように用意した同一条件下での振とうフラスコ数本を振とう培養器に取り付け、水温23℃、振幅4cm、振とう速度120回分で回分実験を行った。初期油分の濃度は約330~3800mg/lの範囲で4段階に変化させた。所定の時間毎に、振とうフラスコを1本ずつ取り出し、フラスコ中の混合液に対して分析を行った。分析項目としては上澄液中の油分および脂肪酸濃度、汚泥中の油分および脂肪酸濃度である。更に、混合液中の油分および脂肪酸濃度は上澄液と汚泥中の油分および脂肪酸濃度の和から求めた。

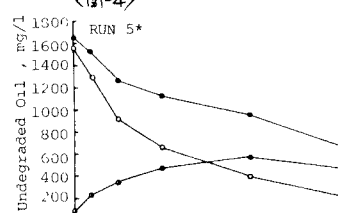
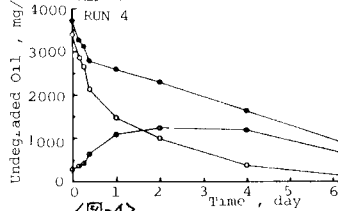
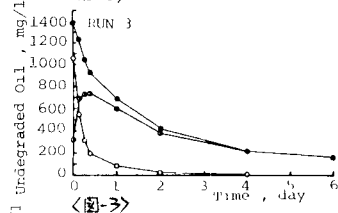
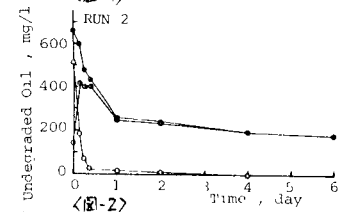
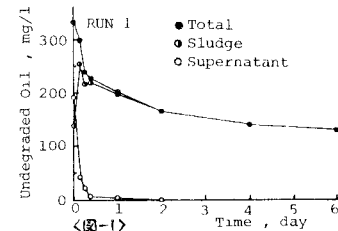
3 実験結果および考察: <表-2> 実験結果

図-1~5*に回分実験における総括的油分の除去過程の経日変化を示す。投与初期油分濃度の低い場合の

<表-1> 基質組成

Components	Concentration (mg/l)
olive oil	1000
Tween 80	100
(NH ₄) ₂ SO ₄	500
K ₂ HPO ₄	1000
MgSO ₄ · 7H ₂ O	50
CaCl ₂ · 2H ₂ O	50
FeSO ₄ · 7H ₂ O	10
NaCl	20

RUN NO	MLVSS (mg/l)	F/M	TIME (hr)	OIL IN MIX (mg/l)	OIL REMOVED (mg/l)	FFA IN MIX (mg/l)	FFA PRODUCED (mg/l)
1	2248	0.147	0	331.5	0	6.8	0
			3	298.1	33.4	11.2	27.8
			6	240.4	91.1	7.4	91.7
			9	229.5	102.0	5.7	101.8
			24	202.8	128.7	5.1	127.6
2	2492	0.261	0	656.2	0	5.4	0
			3	559.1	97.1	7.9	99.6
			6	471.4	184.8	5.5	195.0
			9	428.6	227.6	5.5	227.7
			24	256.2	400.0	4.4	399.0
3	2224	0.626	0	1392.3	0	18.0	0
			3	1244.7	147.6	91.5	219.1
			6	1053.3	339.0	53.0	374.0
			9	938.2	454.1	22.2	436.3
			24	674.3	698.0	9.0	685.3
4	2346	1.589	0	3728.7	0	40.2	0
			3	3283.9	444.8	205.2	609.8
			6	3142.8	584.9	292.6	877.3
			9	2817.1	911.6	219.0	1090.4
			24	2532.3	1095.4	112.6	1267.8
5*	2234	0.739	0	1650.9	0	20.9	0
			3	1401.4	249.5	44.4	56.0
			6	1551.8	99.1	21.1	99.3
			9	1524.7	126.2	33.2	138.5
			24	1262.9	388.0	11.3	380.4



RUN 1, RUN 2 では、上澄液中の残存油分濃度は半日で急速に減少する様子が見られる。一方、混合液中の油分濃度はさほど減少せず、汚泥への吸着によって減少せず、汚泥への吸着によって上澄液中から油分が消失するものと考えられる。なお、1 日以上を経過すると、上澄液中の油分はほとんど存在しなくなり、混合液中の残存油分は汚泥に吸着している状態でゆっくり分解除去されていく。投与油分濃度を高めた RUN 3, RUN 4 の場合には、投与油分濃度が高くなるほど、上澄液中油分の除去は遅くなる結果が得られた。汚泥中の油分濃度の挙動は低投与油分濃度の場合には 3 時間でピークに達し、以後減少してゆくが、高投与油分濃度である RUN 4 の場合、汚泥中の油分濃度は 4 日まで増加しつづける傾向が見られる。なお、比較検討する為、ここで、スキムミルクで馴養した活性汚泥を用いてオリーブ油の分解について実験した結果を図-5 に示す。RUN 5* の投入負荷は RUN 3 とほぼ同じであるが、RUN 3 の分解除去状況より、除去速度が遅い傾向が見られた。これはオリーブ油で馴養した活性汚泥は、オリーブ油に対してスキムミルクで馴養したものより、高い除去能し、馴養の効果が大きいことがわかった。

油分の加水分解速度は、加水分解により生成する全遊離脂肪酸の生成速度と等しいと考えられ、生成全遊離脂肪酸の量は次式で求めた。

$$(FFAP)_t = (OR)_t + (FFA)_t - (FFA)_0$$

ここに：(FFAP)_t：t 時間で生成全遊離脂肪酸濃度。(OR)_t：t 時間で除去された油分濃度。(FFA)₀、(FFA)_t：0 時間目、t 時間後で混合液中に存在する遊離脂肪酸濃度。

この計算に基づいて得られた実験結果を表-2 に示す。又、この結果によるプロットしたのは図-6 である。図-6 に示すように、投入初期では、加水分解速度即ち全遊離脂肪酸の生成速度は総括的油分の除去速度とほぼ同一な若干速い傾向が見られる。即ち、まず、油は加水分解により、遊離脂肪酸に分解されるが、遊離脂肪酸まで分解されると混合液中に残存せず、速やかに分解除去されるものと考えられる。RUN 4 では、F/M 比が高いため、混合液中遊離脂肪酸が残存するものと考えられる。

油分の加水分解は細胞外酵素により行われるので、加水分解の速度は上澄液中の残存油分濃度に関連していると考えられる。本実験の結果からも、上澄液中の油分濃度が高いと加水分解速度も速くなる傾向が見られる。しかし、上澄液中油分の減少は汚泥への吸着、除去が大きな役割を果たしているため、加水分解作用だけから説明することはできないと考えられる。そこで、混合液中の油分濃度を用いて、加水分解速度について検討した。図 7-9 に初期の比加水分解速度 $1/v_H$ と比総括的油分の除去速度 $1/v_M$ 、又は Michaelis-Menten の酵素反応式に基づいて求めた結果を示す。図-9 により、初期油分濃度が 1500 mg/l 以下では、比加水分解速度 $1/v_H$ と比総括的油分の除去速度 $1/v_M$ はほぼ等しいが、2000 mg/l 以上では、総括的油分の除去速度 $1/v_M$ が小さくなり、混合液中に遊離の脂肪酸が蓄積するものと考えられる。即ち、低油分濃度では、加水分解が律速段階になっている可能性があり、高油分濃度では、汚泥と油分との接触面積が増加し、加水分解がかなり速い速度で進むものと考えられる。

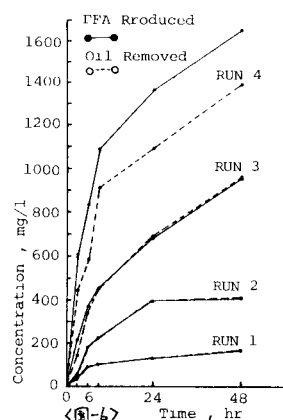


図-6

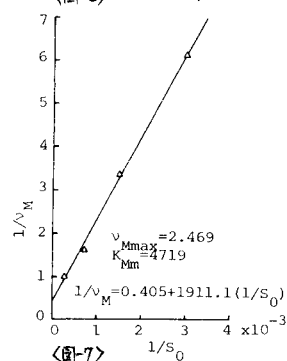


図-7

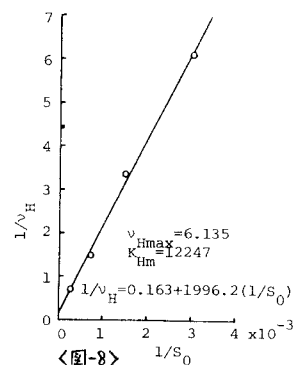


図-8

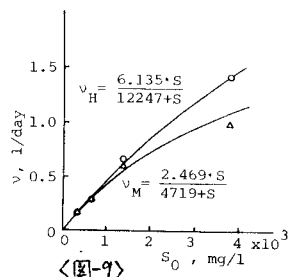


図-9