catalysts

MDPI

Article –supporting information

Environmental Assessment of Humic Acid Coated Magnetic Materials used as Catalyst in photo-Fenton processes.

Mattia Costamagna, Nuno P.F. Gonçalves * and Alessandra Bianco Prevot

Department of Chemistry, University of Turin, 10125 Turin, Italy; mattia.costamagna@unito.it (M.C.); alessandra.biancoprevot@unito.it (A.B.P.)

* Correspondence: nunopaulo.ferreiragoncalves@unito.it

Table S1. Kinetic constant (*k*) for the degradation processes changing different parameters: pH, catalyst type (Fe_3O_4/0.5HA and Fe_3O_4) and type of oxidant (persulfate and hydrogen peroxide).

k **(min^{-1})**	**$S_2O_8^{2-}$**		**H_2O_2**	
	Fe_3O_4/0.5HA	Fe_3O_4	Fe_3O_4/0.5HA	Fe_3O_4
pH 3	0.0323	0.0214	0.0318	0.0146
pH 4	0.0177	0.0151	0.0055	0.0039
pH 6	0.0154	0.0088	0.00152	0.0011
pH 6.5	0.0076	0.0062		

Table S2. Impact at midpoint level for the degradation process of 90% of 20 μM BPA in 1 L of water. The used catalyst was Fe_3O_4/0.5HA (100 mg/L). The processes were carried out changing pH and type of oxidant: persulfate and hydrogen peroxide (both at a concentration of 1 mM).

		Total	**$Na_2S_2O_8$**	**H_2SO_4**	**Fe_3O_4/0.5HA**	**NaOH**	**Electricity**
pH 3	**CCP** kg CO_2 eq	0.71	3.41×10^{-4}	7.91×10^{-6}	3.53×10^{-3}	4.97×10^{-5}	0.71
	ODP kg CFC-11 eq	8.02×10^{-8}	9.19×10^{-11}	3.17×10^{-12}	5.03×10^{-10}	2.98×10^{-11}	7.96×10^{-8}
	TEP kg SO_2 eq	2.83×10^{-3}	2.76×10^{-6}	3.18×10^{-7}	1.52×10^{-5}	2.44×10^{-7}	2.81×10^{-3}
	FEP kg P eq	2.04×10^{-4}	1.94×10^{-7}	9.73×10^{-9}	1.42×10^{-6}	2.99×10^{-8}	2.03×10^{-4}
	NREU MJ	9.13	5.33×10^{-3}	3.16×10^{-4}	4.51×10^{-2}	5.53×10^{-4}	9.08
pH 4	**CCP** kg CO_2 eq	1.300	3.41×10^{-4}	7.91×10^{-7}	3.53×10^{-3}	4.97×10^{-6}	1.296
	ODP kg CFC-11 eq	1.46×10^{-7}	9.19×10^{-11}	3.17×10^{-13}	5.03×10^{-10}	2.98×10^{-12}	1.45×10^{-7}
	TEP kg SO_2 eq	5.14×10^{-3}	2.76×10^{-6}	3.18×10^{-8}	1.52×10^{-5}	2.44×10^{-8}	5.13×10^{-3}
	FEP kg P eq	3.72×10^{-4}	1.94×10^{-7}	9.73×10^{-10}	1.42×10^{-6}	2.99×10^{-9}	3.70×10^{-4}
	NREU MJ	16.622	5.33×10^{-3}	3.16×10^{-5}	4.51×10^{-2}	5.53×10^{-5}	16.572
pH 6	**CCP** kg CO_2 eq	1.494	3.41×10^{-4}	7.91×10^{-9}	3.53×10^{-3}	4.97×10^{-8}	1.490
	ODP kg CFC-11 eq	1.68×10^{-7}	9.19×10^{-11}	3.18×10^{-15}	5.03×10^{-10}	2.98×10^{-14}	1.67×10^{-7}
	TEP kg SO_2 eq	5.91×10^{-3}	2.76×10^{-6}	3.18×10^{-10}	1.52×10^{-5}	2.44×10^{-10}	5.89×10^{-3}
	FEP kg P eq	4.27×10^{-4}	1.94×10^{-7}	9.74×10^{-12}	1.42×10^{-6}	2.99×10^{-11}	4.25×10^{-4}
	NREU MJ	19.097	5.33×10^{-3}	3.16×10^{-7}	4.51×10^{-2}	5.53×10^{-7}	19.047
pH 6.5	**CCP** kg CO_2 eq	3.023	3.41×10^{-4}	3.16×10^{-9}	3.53×10^{-3}	1.99×10^{-8}	3.019
	ODP kg CFC-11 eq	3.39×10^{-7}	9.19×10^{-11}	1.27×10^{-15}	5.03×10^{-10}	1.19×10^{-14}	3.38×10^{-7}

	TEP kg SO_2 eq	1.19×10^{-2}	2.76×10^{-6}	1.27×10^{-10}	1.52×10^{-5}	9.76×10^{-11}	1.19×10^{-2}
	FEP kg P eq	8.64×10^{-4}	1.94×10^{-7}	3.90×10^{-12}	1.42×10^{-6}	1.20×10^{-11}	8.62×10^{-4}
	NREU MJ	38.646	5.33×10^{-3}	1.26×10^{-7}	4.51×10^{-2}	2.21×10^{-7}	38.595
		Total	**H_2O_2**	**H_2SO_4**	**Fe_3O_4/0.5HA**	**NaOH**	**Electricity**
pH 3	**CCP** kg CO_2 eq	0.725	4.19×10^{-5}	7.91×10^{-6}	3.53×10^{-3}	4.97×10^{-5}	0.721
	ODP kg CFC-11 eq	8.14×10^{-8}	3.80×10^{-12}	3.17×10^{-12}	5.03×10^{-10}	2.98×10^{-11}	8.09×10^{-8}
	TEP kg SO_2 eq	2.87×10^{-3}	1.69×10^{-7}	3.18×10^{-7}	1.52×10^{-5}	2.44×10^{-7}	2.85×10^{-3}
	FEP kg P eq	2.07×10^{-4}	1.54×10^{-8}	9.73×10^{-9}	1.42×10^{-6}	2.99×10^{-8}	2.06×10^{-3}
	NREU MJ	9.270	6.55×10^{-4}	3.16×10^{-4}	4.51×10^{-2}	5.53×10^{-4}	9.224
pH 4	**CCP** kg CO_2 eq	4.175	4.19×10^{-5}	7.91×10^{-7}	3.53×10^{-3}	4.97×10^{-6}	4.172
	ODP kg CFC-11 eq	4.68×10^{-7}	3.80×10^{-12}	3.17×10^{-13}	5.03×10^{-10}	2.98×10^{-12}	4.68×10^{-7}
	TEP kg SO_2 eq	1.65×10^{-2}	1.69×10^{-7}	3.18×10^{-8}	1.52×10^{-5}	2.44×10^{-8}	1.65×10^{-2}
	FEP kg P eq	1.19×10^{-3}	1.54×10^{-8}	9.73×10^{-10}	1.42×10^{-6}	2.99×10^{-9}	1.19×10^{-3}
	NREU MJ	53.378	6.55×10^{-4}	3.16×10^{-5}	4.51×10^{-2}	5.53×10^{-5}	53.332
pH 6	**CCP** kg CO_2 eq	15.099	4.19×10^{-5}	7.91×10^{-9}	3.53×10^{-3}	4.97×10^{-8}	15.095
	ODP kg CFC-11 eq	1.69×10^{-6}	3.80×10^{-12}	3.18×10^{-15}	5.03×10^{-10}	2.98×10^{-14}	1.69×10^{-6}
	TEP kg SO_2 eq	5.97×10^{-2}	1.69×10^{-7}	3.18×10^{-10}	1.52×10^{-5}	2.44×10^{-10}	5.97×10^{-2}
	FEP kg P eq	4.31×10^{-3}	1.54×10^{-8}	9.74×10^{-12}	1.42×10^{-6}	2.99×10^{-11}	4.31×10^{-3}
	NREU MJ	193.024	6.55×10^{-4}	3.16×10^{-7}	4.51×10^{-2}	5.53×10^{-7}	192.978

Table S3. Impact at midpoint level for the degradation process of 90% of 20 μM BPA in 1 L of water. The used catalyst was bare Fe_3O_4 (100 mg/L). The processes were carried out changing pH and type of oxidant: persulfate and hydrogen peroxide (both at a concentration of 1 mM).

		Total	**$Na_2S_2O_8$**	**H_2SO_4**	**Fe_3O_4/0.5HA**	**NaOH**	**Electricity**
pH 3	**CCP** kg CO_2 eq	1.076	3.41×10^{-4}	7.91×10^{-6}	3.71×10^{-3}	4.97×10^{-5}	1.072
	ODP kg CFC-11 eq	1.21×10^{-7}	9.19×10^{-10}	3.17×10^{-12}	5.35×10^{-10}	2.98×10^{-11}	1.20×10^{-7}
	TEP kg SO_2 eq	4.26×10^{-3}	2.76×10^{-6}	3.18×10^{-7}	1.59×10^{-5}	2.44×10^{-7}	4.24×10^{-3}
	FEP kg P eq	3.08×10^{-4}	1.94×10^{-7}	9.73×10^{-9}	1.51×10^{-6}	2.99×10^{-8}	3.06×10^{-4}
	NREU MJ	13.760	5.33×10^{-3}	3.16×10^{-4}	4.74×10^{-2}	5.53×10^{-4}	13.707
pH 4	**CCP** kg CO_2 eq	1.524	3.41×10^{-4}	7.91×10^{-7}	3.71×10^{-3}	4.97×10^{-6}	1.519
	ODP kg CFC-11 eq	1.71×10^{-7}	9.19×10^{-11}	3.17×10^{-13}	5.35×10^{-10}	2.98×10^{-12}	1.70×10^{-7}
	TEP kg SO_2 eq	6.03×10^{-3}	2.76×10^{-6}	3.18×10^{-8}	1.59×10^{-5}	2.44×10^{-8}	6.01×10^{-3}
	FEP kg P eq	4.36×10^{-4}	1.94×10^{-7}	9.73×10^{-10}	1.51×10^{-6}	2.99×10^{-9}	4.34×10^{-4}
	NREU MJ	19.478	5.33×10^{-3}	3.16×10^{-5}	4.74×10^{-2}	5.53×10^{-5}	19.425
pH 6	**CCP** kg CO_2 eq	2.6113	3.41×10^{-4}	7.91×10^{-9}	3.71×10^{-3}	4.97×10^{-8}	2.607
	ODP kg CFC-11 eq	2.93×10^{-7}	9.19×10^{-11}	3.18×10^{-15}	5.35×10^{-10}	2.98×10^{-14}	2.92×10^{-7}
	TEP kg SO_2 eq	1.04×10^{-2}	2.76×10^{-6}	3.18×10^{-10}	1.59×10^{-5}	2.44×10^{-10}	1.03×10^{-2}
	FEP kg P eq	7.46×10^{-4}	1.94×10^{-7}	9.74×10^{-12}	1.51×10^{-6}	2.99×10^{-11}	7.44×10^{-4}
	NREU MJ	33.385	5.33×10^{-3}	3.16×10^{-7}	4.74×10^{-2}	5.53×10^{-7}	33.332

pH 6.5	**CCP** kg CO_2 eq	3.705	3.41×10^{-4}	3.16×10^{-9}	3.71×10^{-3}	1.99×10^{-8}	3.701
	ODP kg CFC-11 eq	4.15×10^{-7}	9.19×10^{-11}	1.27×10^{-15}	5.35×10^{-10}	1.19×10^{-14}	4.15×10^{-7}
	TEP kg SO_2 eq	1.46×10^{-2}	2.76×10^{-6}	1.27×10^{-10}	1.59×10^{-5}	9.76×10^{-11}	1.46×10^{-2}
	FEP kg P eq	1.06×10^{-3}	1.94×10^{-7}	3.90×10^{-12}	1.51×10^{-6}	1.20×10^{-11}	1.06×10^{-3}
	NREU MJ	47.363	5.33×10^{-3}	1.26×10^{-7}	4.74×10^{-2}	2.21×10^{-7}	47.310
		Total	**H_2O_2**	**H_2SO_4**	**Fe_3O_4/0.5HA**	**NaOH**	**Electricity**
pH 3	**CCP** kg CO_2 eq	1.575	4.19×10^{-5}	7.91×10^{-6}	3.71×10^{-3}	4.97×10^{-5}	1.572
	ODP kg CFC-11 eq	1.77×10^{-7}	3.80×10^{-12}	3.17×10^{-12}	5.35×10^{-10}	2.98×10^{-11}	1.76×10^{-7}
	TEP kg SO_2 eq	6.23×10^{-3}	1.69×10^{-7}	3.18×10^{-7}	1.59×10^{-5}	2.44×10^{-7}	6.21×10^{-3}
	FEP kg P eq	4.50×10^{-4}	1.54×10^{-8}	9.73×10^{-9}	1.51×10^{-6}	2.99×10^{-8}	4.49×10^{-4}
	NREU MJ	20.139	6.55×10^{-4}	3.16×10^{-4}	4.74×10^{-2}	5.53×10^{-4}	20.091
pH 4	**CCP** kg CO_2 eq	5.887	4.19×10^{-5}	7.91×10^{-7}	3.71×10^{-3}	4.97×10^{-6}	5.883
	ODP kg CFC-11 eq	6.60×10^{-7}	3.80×10^{-12}	3.17×10^{-13}	5.35×10^{-10}	2.98×10^{-12}	6.59×10^{-7}
	TEP kg SO_2 eq	2.33×10^{-2}	1.69×10^{-7}	3.18×10^{-8}	1.59×10^{-5}	2.44×10^{-8}	2.33×10^{-2}
	FEP kg P eq	1.68×10^{-3}	1.54×10^{-8}	9.73×10^{-10}	1.51×10^{-6}	2.99×10^{-9}	1.68×10^{-3}
	NREU MJ	75.260	6.55×10^{-4}	3.16×10^{-5}	4.74×10^{-2}	5.53×10^{-5}	75.212
pH 6	**CCP** kg CO_2 eq	20.863	4.19×10^{-3}	7.91×10^{-9}	3.71×10^{-3}	4.97×10^{-8}	20.859
	ODP kg CFC-11 eq	2.34×10^{-6}	3.80×10^{-12}	3.18×10^{-15}	5.35×10^{-10}	2.98×10^{-14}	2.34×10^{-6}
	TEP kg SO_2 eq	8.25×10^{-2}	1.69×10^{-7}	3.18×10^{-10}	1.59×10^{-5}	2.44×10^{-10}	8.25×10^{-2}
	FEP kg P eq	5.96×10^{-3}	1.54×10^{-8}	9.74×10^{-12}	1.51×10^{-6}	2.99×10^{-11}	5.96×10^{-3}
	NREU MJ	266.709	6.55×10^{-4}	3.16×10^{-7}	4.74×10^{-2}	5.53×10^{-07}	266.661