

Production of bio- fuels and chemicals by Microwave-Assisted, Catalytic, Hydrothermal Liquefaction (MAC-HTL) of a mixture of pine and spruce biomass

Javier Remón*, James Randall, Vitaliy L. Budarin, James H. Clark*

Green Chemistry Centre of Excellence, University of York, Department of Chemistry, Heslington, York, YO10 5DD, UK.

** Corresponding authors: J. Remón (javier.remonnunez@york.ac.uk) and J.H.Clark (james.clark@york.ac.uk)*

SUPPLEMENTARY INFORMATION

Table S1. Bio-oil chemical composition

Table S2. Relative influence of the operating conditions on the experimental results

Table S2. Relative influence of the operating conditions on the experimental results

	R ²	Indep.	T	P	t	W	TP	Tt	TW	Pt	PW	tW	T ²	P ²	t ²	W ²	TPt	TPW	TtW	PtW	T ² P	T ² t	T ² W	TP ²	T ² P ²	TPtW
Conversion (%)	0.95	43.72	17.84 (43)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	4.26 (10)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-12.61 (12)	6.71 (7)	n.s.	n.s.	2.27 (5)	n.s.	n.s.	10.31 (23)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Gas yield (%)	0.97	33.62	11.98 (25)	-1.77 (4)	-7.32 (13)	11.68 (5)	-2.76 (5)	1.81 (4)	-1.69 (4)	-2.51 (5)	n.s.	n.s.	3.54 (1)	n.s.	-10.52 (8)	4 (3)	-2.21 (4)	n.s.	n.s.	n.s.	15.44 (10)	-15.64 (10)	n.s.	n.s.	n.s.	
Bio-oil yield (%)	0.96	10.14	9.32 (20)	n.s.	5.97 (9)	n.s.	2.61 (8)	2.45 (8)	2.42 (8)	1.35 (4)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-2.86 (6)	n.s.	n.s.	n.s.	1.17 (4)	-1.08 (4)	1.86 (6)	-3.78 (4)	2.87 (9)	-3.88 (4)	n.s.	-1.58 (5)
C (wt.%)	0.98	53.32	n.s.	2.82 (5)	-10.38 (1)	n.s.	-6.92 (12)	n.s.	2.02 (4)	-2.74 (5)	5.23 (9)	3.93 (7)	n.s.	-8.24 (4)	6.37 (5)	n.s.	3.68 (7)	-7.05 (13)	-2.62 (5)	n.s.	n.s.	11.71 (7)	11.71 (12)	n.s.	n.s.	2.8 (5)
H (wt.%)	0.99	5.62	-1.07 (21)	0.45 (8)	n.s.	0.28 (5)	0.18 (3)	0.38 (7)	-0.36 (7)	-0.39 (4)	0.22 (7)	n.s.	1.44 (15)	-0.81 (5)	n.s.	n.s.	n.s.	0.18 (3)	0.14 (2)	0.21 (4)	-0.99 (6)	n.s.	n.s.	n.s.	0.5 (2)	
O (wt.%)	0.98	41.11	n.s.	-2.39 (5)	10.3 (1)	n.s.	6.74 (13)	n.s.	-1.66 (3)	2.52 (5)	-4.83 (9)	-3.96 (7)	n.s.	8.07 (4)	-7.26 (6)	n.s.	-3.61 (7)	6.87 (13)	2.49 (5)	n.s.	n.s.	-11.61 (7)	-11.61 (12)	n.s.	n.s.	-2.8 (5)
HHV (MJ/kg)	0.94	22.07	-1.03 (5)	n.s.	-4.6 (1)	n.s.	-2.9 (13)	n.s.	n.s.	-0.96 (4)	1.86 (8)	1.83 (8)	n.s.	-6.08 (3)	n.s.	n.s.	1.58 (7)	-2.96 (13)	-1.01 (5)	n.s.	n.s.	5.17 (8)	5.17 (12)	n.s.	5.63 (8)	1.27 (6)
Aldehydes (Area %)	0.99	28.67	6.84 (9)	n.s.	7.66 (5)	-24.94 (13)	2.62 (3)	-9.1 (11)	-1.58 (2)	-1.81 (2)	n.s.	-1.8 (2)	-19.08 (9)	9.67 (5)	-15.29 (5)	15.9 (7)	1.69 (2)	-2.58 (3)	3.66 (4)	1.74 (2)	n.s.	-12.78 (5)	16.11 (6)	n.s.	n.s.	-2.11 (3)
Furans (Area %)	1	0	-2.72 (16)	n.s.	n.s.	n.s.	0.02 (1)	3.65 (16)	-0.66 (3)	-0.43 (2)	0.16 (1)	-1.1 (5)	2.72 (12)	n.s.	n.s.	n.s.	-0.43 (2)	0.16 (1)	-1.1 (5)	-0.29 (1)	0.02 (1)	3.65 (17)	-0.66 (3)	6.82 (11)	1.38 (2)	-0.29 (1)
Esters (Area %)	0.83	9.93	-3.35 (14)	-9.61 (7)	n.s.	n.s.	n.s.	-1.96 (8)	n.s.	n.s.	n.s.	3.12 (12)	n.s.	8.03 (9)	n.s.	-6.55 (12)	n.s.	n.s.	n.s.	-4.09 (16)	8.99 (12)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	3.15 (12)
Ketones (Area %)	0.95	7.36	5.67 (21)	n.s.	3.92 (14)	n.s.	n.s.	5.37 (19)	-2.59 (9)	1.35 (5)	n.s.	-3.88 (13)	2.31 (5)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-1.47 (5)	-1.39 (5)	1.1 (4)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Alcohols (Area %)	0.93	3.44	1.91 (13)	n.s.	2.14 (15)	n.s.	n.s.	2.69 (18)	1.32 (9)		0.75 (5)	1.04 (7)	n.s.	-3.44 (3)	n.s.	n.s.	-0.67 (4)	n.s.	0.93 (6)	n.s.	n.s.	n.s.	0.86 (6)	n.s.	2.97 (7)	1.03 (7)
Phenols (Area %)	0.99	18.11	-27.8 (16)	5.0 (5)	-31.77 (5)	15.01 (10)	-4.45 (5)	-2.55 (3)	2.6 (3)	3.8 (4)	-3.08 (3)	n.s.	27.61 (2)	n.s.	32.95 (2)	n.s.	-2.45 (2)	3.17 (3)	-3.17 (3)	n.s.	n.s.	30.68 (10)	-6.51 (2)	14.54 (5)	-53.31 (12)	3.57 (4)
Acids (Area %)	0.99	1.14	8.71 (4)	n.s.	1.18 (3)	13.44 (7)	5.35 (14)	-1.76 (5)	1.93 (5)	-1.73 (5)	1.56 (4)	n.s.	9.88 (5)	n.s.	n.s.	12.3 (4)	0.95 (3)	1.02 (3)	-0.82 (2)	-1.57 (4)	0.88 (2)	n.s.	-12.45 (11)	-8.23 (7)	-17.21 (11)	n.s.
Cyclics (Area %)	0.92	1.72	n.s.	-1.43 (4)	-3.56 (11)	n.s.	n.s.	3.75 (11)	1.85 (6)	n.s.	n.s.	1.82 (5)	4.55 (12)	3.35 (4)	n.s.	n.s.	2.99 (9)	2.11 (6)	n.s.	2.08 (6)	-4.67 (13)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-4.36 (12)

Response = Indep. + Coefficient T·T + Coefficient P·P + Coefficient C·C + Coefficient W·W + Coefficient TC·T·C + Coefficient TW·T·W + Coefficient PC·P·C + Coefficient PW·P·W + Coefficient CW·C·W + Coefficient T²·T² + Coefficient P²·P² + Coefficient C²·C² + Coefficient W²·W² + Coefficient TPC·T·P·C + Coefficient TPW·T·P·W + Coefficient TCW·T·C·W + Coefficient PCW·P·C·W + Coefficient T²P·T²·P + Coefficient T²W·T²·W + Coefficient TP²·T·P² + Coefficient TPTW·T·P·t·W n.s.: Non significant with 95% confidence. T = temperature, P = pressure, t = time, W = catalyst/biomass ratio.