

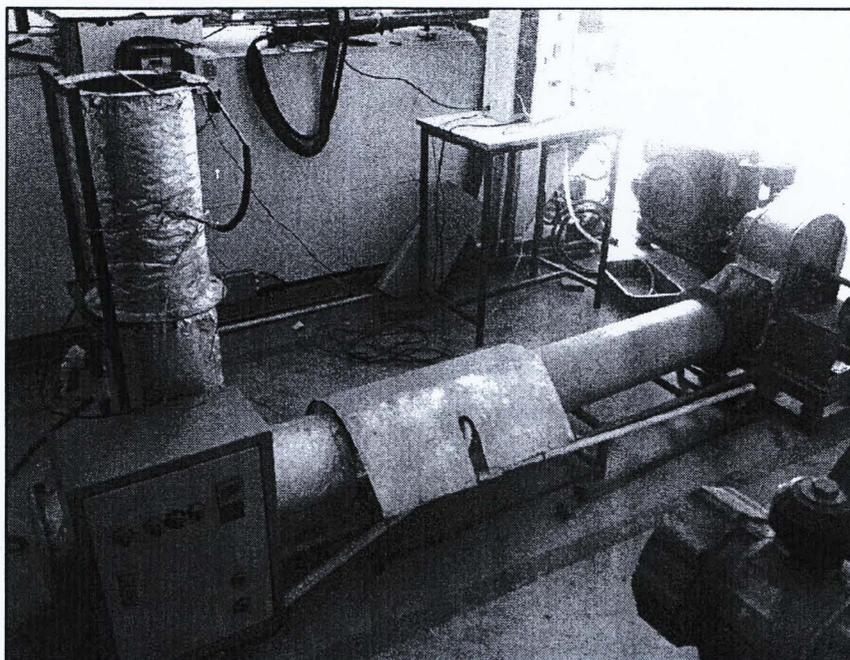
บรรณานุกรม

- เกตุร ช่ออัญญา. (2551). *การวิเคราะห์ตัวแปรของการอบแห้งไม้แปรรูป*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). (2553). *ค่าความร้อนเฉลี่ยของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ และพลังงานเทียบเท่าก๊าซธรรมชาติ*. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.pttplc.com> (27 กันยายน 2553).
- พฤกษ์ กาญจนภา. (2549). *การวิเคราะห์พารามิเตอร์ของการอบแห้งกระดาษ*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศักดิ์พล เทียนเสมอ. (2548). *เอกสารประกอบการเรียนรายวิชา Ceramic technology*. ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Borgstorm, G. (1968). *Principle of Food*. London, Collier Macmillan Limited, 24-30.
- Brennan, J.G., Butters, J.R., Cowell, N.D., and Lilly, A.E.V. (1986). *Food Engineering Operations*. Applied Science Publishers, 12-16.
- Brosnan, D.A., and Robinson, G.C. (2003). *Introduction of Drying of Ceramics with Laboratory Exercises*. Westerville, OH American Ceramics Society.
- Bruce, D.M. (1985). *Exposed-layer barley drying, three models fitted to new data up to 150 °C*. Journal of Agricultural Engineering Research, 32, 337-348.
- Carsky, M. (2008). *Design of dryer for citrus peels*. Journal of Food Engineering, 87, 40-44.
- Chemkhi, S., and Zagrouba, F. (2005). *Water diffusion coefficient in clay material from drying data*. Desalination, 185, 491-498.
- Crank, J. (1975). *The Mathematics of Diffusion*. The 2nd edition, Clarendon Press, Oxford.
- Doymaz, I. (2005). *Drying behavior of green beans*. Journal of Food Engineering, 69, 161-165.
- Doymaz, I., Tugrul, N., and Pala, M. (2006). *Drying characteristics of dill and parsley leaves*. Journal of Food Engineering, 77, 559-565.

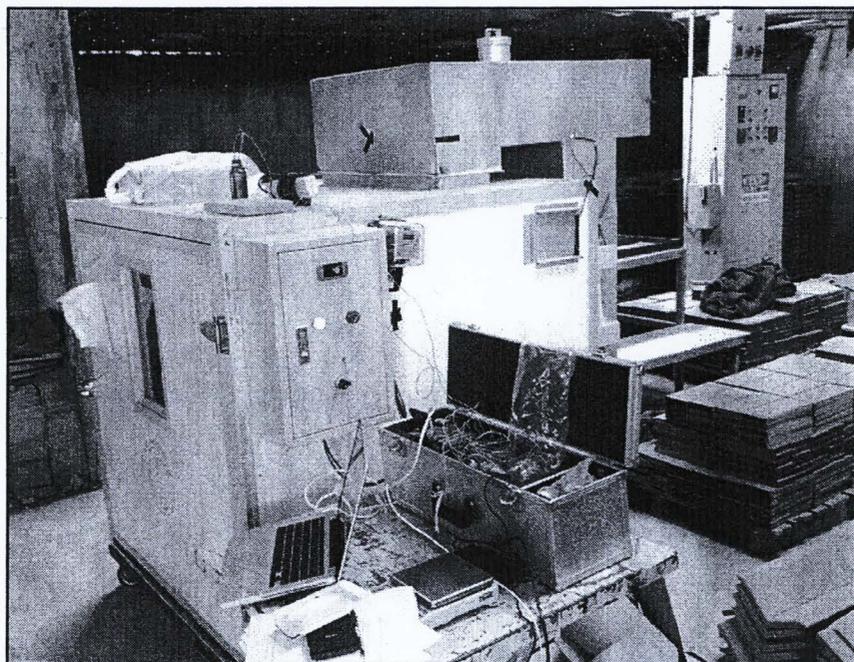
- Fatouh, M., Metwally, M.N., Helali, A.B., and Shedid, M.H. (2006). *Herbs drying using a heat pump dryer*. Energy Conversion and Management, 47, 2629-2643.
- Henderson, S.M., and Pabis, S. (1969). *Temperature effect on drying coefficient*. Journal of Agriculture Engineering Research, 6(3), 169-174.
- Hield, J.L., and Josly, M.A. (1967). *Fundamentals of Food Processing Operations*. New York, the AVL Publishing, 45-52.
- Kiranoudis, C.T., Maroulis, Z.B., and Marinos, K.D. (1992). *Model selection in air drying of food*. Drying Technology, 10(4), 1097-1106.
- Koyuncu, T., Serdar, U., and Tosun, I. (2004). *Drying characteristics and energy requirement for dehydration of chestnuts (Castanea sativa Mill)*. Journal of Food Engineering, 62, 165-168.
- Lahsasni, S., Kouhila, M., Mahrouz, M., Idlimam, A., and Jamali, A. (2004). *Thin layer convective solar drying and mathematical modeling of prickly pear peel (Opuntia ficus indica)*. Energy, 29, 211-224.
- Misra, R., Barker, A.J., and East, J. (2002). *Controlled drying to enhance properties of technical ceramics*. Chemical Engineering Journal, 86, 111-116.
- Nonhebel, G. and Moss, A.H. (1971). *Drying of Solid in the Chemical Industry*. London Butterwort, 48-57.
- Page, G.E. (1949). *Factors Influencing the maximum rate of air drying shelled corn in thin layers*. M.S. Thesis Purdue University, Indiana.
- Sander, A., Skansi, D., and Bolf, N. (2003). *Heat and mass transfer models in convection drying of clay slabs*. Ceramics International, 29, 641-653.
- Somogyin, L.P., and Lun, B.S. (1986). *Dehydration of Food in Commercial Processing*. Edited by Woodroof, J.G., and Lun, B.S., New York, the AVL Publishing, 38-45.
- The Engineering Tool Box, (2011). *Specific Heat Capacities*. [Online]. Available: <http://www.theengineeringtoolbox.com>. (27 September 2010).
- Westerman, P.W., White G.M., and Ross, I.J. (1973). *Relative humidity effect on the temperature drying of shelled corn*. Tarn ASAE, 16, 1136-1139.

ภาคผนวก

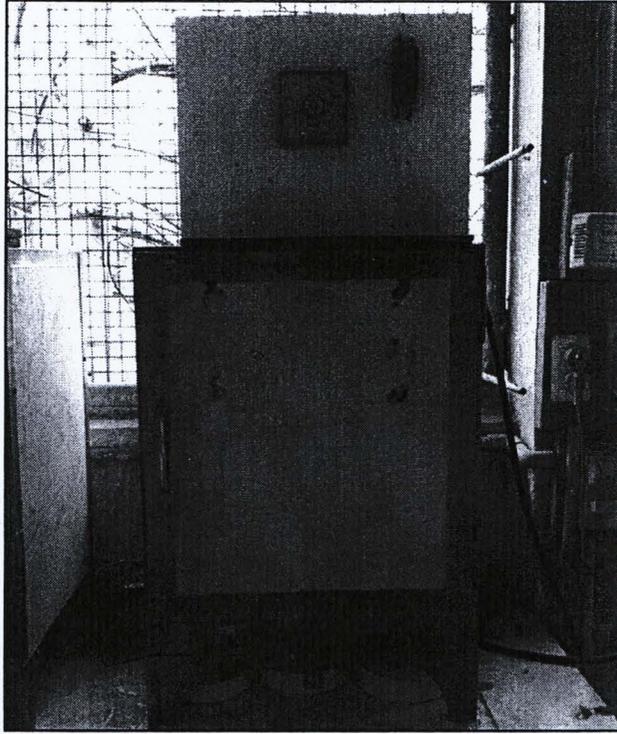
ภาคผนวก ก
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ ก-1 เครื่องอบแห้งชั้นบาง แบบใช้ลมร้อน



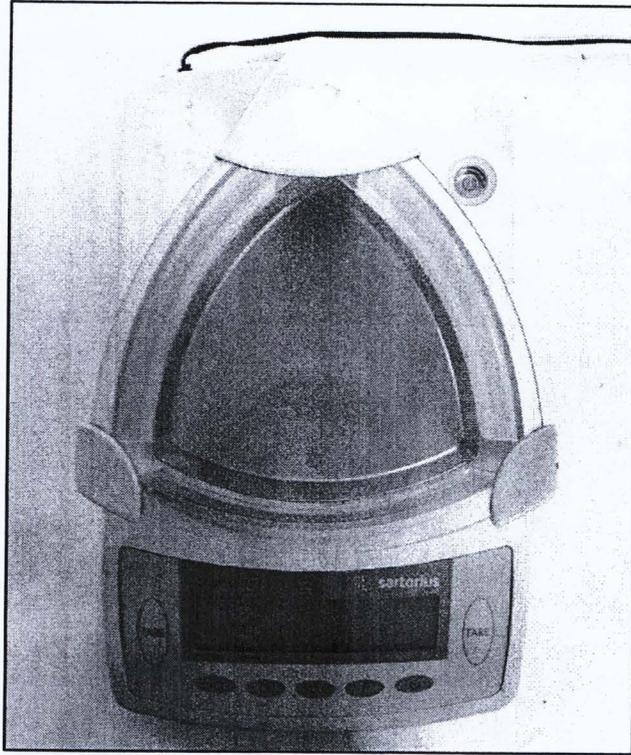
รูปที่ ก-2 เครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อน 4,000 W ขนาดความจุ 1 m³



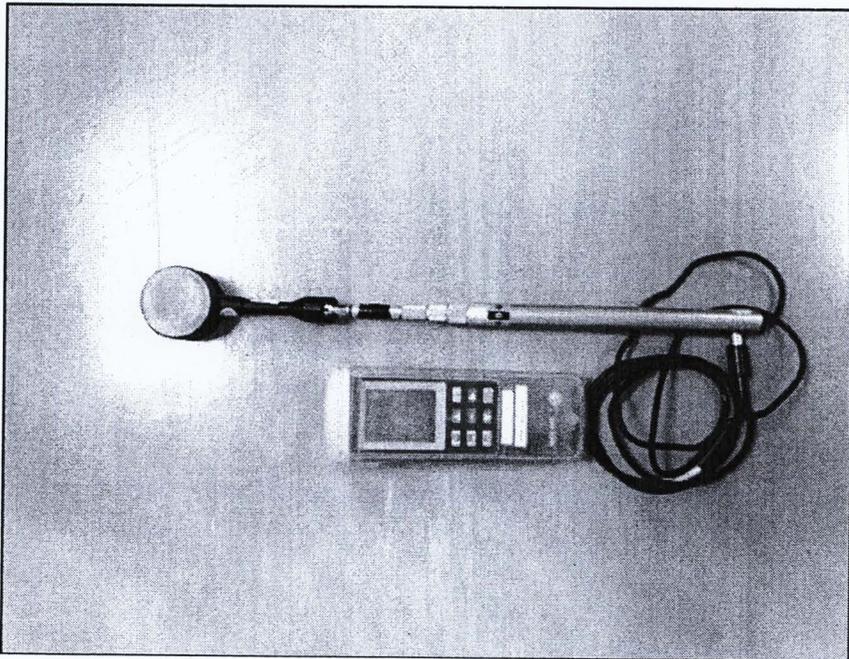
รูปที่ ก-3 ตู้อบลมร้อน สำหรับใช้หาความชื้นดินทดสอบ



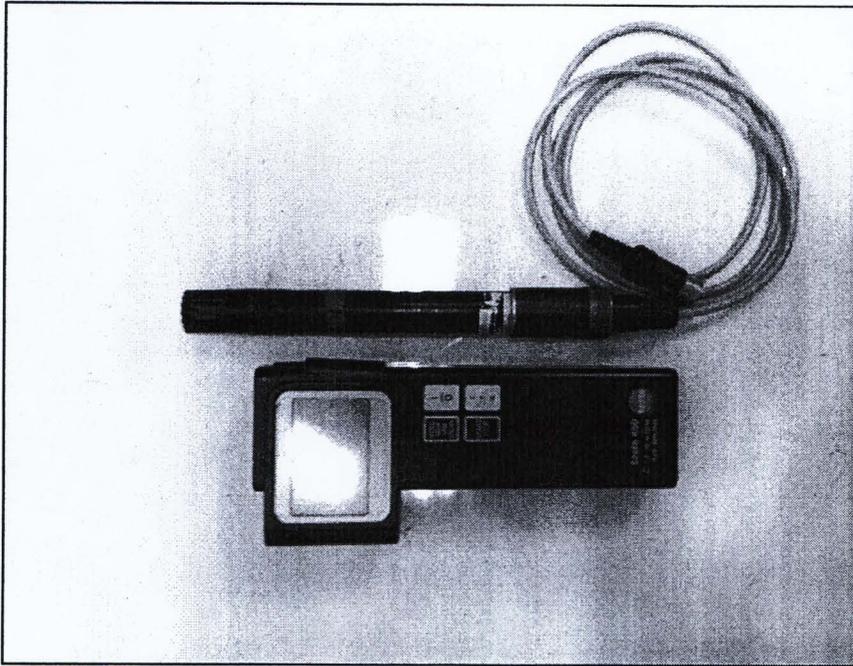
รูปที่ ก-4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ Kane-May รุ่น KM330 (Type K)



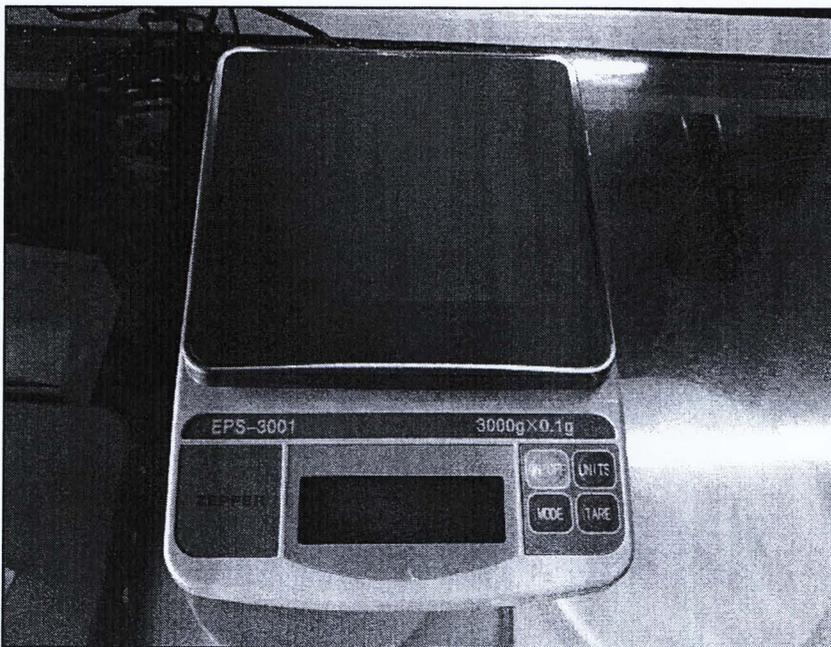
รูปที่ ก-5 เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด ± 0.001 g ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP323S



รูปที่ ก-6 เครื่องมือวัดความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ Testo รุ่น 445



รูปที่ ก-7 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ Testo รุ่น 450



รูปที่ ก-8 เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด ± 0.1 g ยี่ห้อ Zapper รุ่น EPS-3001



รูปที่ ก-9 kWh มิเตอร์ ยี่ห้อ FUJI ขนาด 30A



รูปที่ ก-9 Data Logger ยี่ห้อ YOKOGAWA รุ่น DR 130

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการทดลอง

การหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวม และค่าคงที่การอบแห้ง

ตาราง ข-1 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 2 mm ที่อุณหภูมิ 40 °C และ
ความเร็วลมร้อน 0.7 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	40.0	25.4	61.9	26.362	24.990	27.332	31.259	31.030	31.082	1.000	1.000	1.000
0.042	40.0	25.4	61.5	26.129	24.758	27.094	30.099	29.813	29.941	0.963	0.961	0.963
0.083	40.0	25.3	60.9	25.889	24.524	26.867	28.904	28.586	28.852	0.925	0.921	0.928
0.125	40.0	25.3	61.1	25.640	24.289	26.625	27.664	27.354	27.692	0.885	0.882	0.891
0.167	40.0	25.3	61.2	25.424	24.075	26.407	26.588	26.232	26.646	0.851	0.845	0.857
0.208	40.0	25.3	61.3	25.203	23.854	26.189	25.488	25.073	25.601	0.815	0.808	0.824
0.250	40.0	25.3	61.4	24.968	23.619	25.960	24.318	23.841	24.502	0.778	0.768	0.788
0.292	40.0	25.3	61.3	24.755	23.356	25.749	23.257	22.462	23.490	0.744	0.724	0.756
0.333	40.0	25.2	61.5	24.532	23.172	25.526	22.147	21.497	22.421	0.709	0.693	0.721
0.375	40.0	25.2	61.5	24.314	22.950	25.309	21.062	20.333	21.380	0.674	0.655	0.688
0.417	40.0	25.3	61.5	24.100	22.719	25.089	19.996	19.122	20.325	0.640	0.616	0.654
0.458	40.0	25.3	61.5	23.871	22.487	24.863	18.856	17.906	19.241	0.603	0.577	0.619
0.500	40.0	25.3	61.7	23.657	22.275	24.655	17.790	16.794	18.244	0.569	0.541	0.587
0.583	40.0	25.2	61.1	23.201	21.791	24.198	15.520	14.257	16.052	0.496	0.459	0.516
0.667	40.0	25.2	61.3	22.718	21.310	23.709	13.115	11.734	13.707	0.420	0.378	0.441
0.833	40.0	25.1	61.5	21.927	20.505	22.876	9.176	7.514	9.712	0.294	0.242	0.312
0.917	40.0	25.2	62.0	21.577	20.190	22.488	7.434	5.862	7.851	0.238	0.189	0.253
1.050	40.0	25.1	62.9	21.099	19.776	21.943	5.054	3.691	5.237	0.162	0.119	0.168
1.167	40.0	25.1	62.8	20.732	19.450	21.518	3.226	1.982	3.199	0.103	0.064	0.103
1.333	40.0	25.1	62.7	20.441	19.253	21.199	1.778	0.949	1.669	0.057	0.031	0.054
1.500	40.0	25.0	62.8	20.260	19.170	21.014	0.876	0.514	0.782	0.028	0.017	0.025
1.833	40.0	25.0	64.5	20.163	19.149	20.934	0.393	0.404	0.398	0.013	0.013	0.013
2.167	40.0	25.0	66.9	20.159	19.147	20.926	0.373	0.393	0.360	0.012	0.013	0.012

ตาราง ข-2 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 2 mm ที่อุณหภูมิ 60 °C และ
ความเร็วลมร้อน 0.7 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	60.0	24.8	65.9	24.206	25.618	24.967	30.702	30.844	31.157	1.000	1.000	1.000
0.038	60.0	24.8	65.9	23.859	25.275	24.670	28.828	29.092	29.597	0.939	0.943	0.950
0.083	60.0	24.9	66.9	23.452	24.853	24.294	26.631	26.937	27.621	0.867	0.873	0.887
0.122	60.0	24.9	66.9	23.029	24.411	23.866	24.347	24.680	25.373	0.793	0.800	0.814
0.167	60.0	24.8	65.8	22.632	24.012	23.504	22.203	22.642	23.471	0.723	0.734	0.753
0.205	60.0	24.8	65.8	22.227	23.564	23.134	20.016	20.353	21.528	0.652	0.660	0.691
0.250	60.0	24.8	67.1	21.858	23.199	22.796	18.024	18.489	19.752	0.587	0.599	0.634
0.288	60.0	24.8	67.1	21.461	22.802	22.417	15.880	16.462	17.761	0.517	0.534	0.570
0.333	60.0	24.7	65.7	21.076	22.402	22.083	13.801	14.419	16.007	0.450	0.467	0.514
0.372	60.0	24.7	65.7	20.721	22.030	21.739	11.884	12.519	14.199	0.387	0.406	0.456
0.417	60.0	24.5	66.6	20.367	21.663	21.394	9.973	10.644	12.387	0.325	0.345	0.398
0.455	60.0	24.5	66.6	20.046	21.323	21.063	8.240	8.908	10.648	0.268	0.289	0.342
0.500	60.0	25.6	68.1	19.765	21.022	20.769	6.722	7.370	9.104	0.219	0.239	0.292
0.583	60.0	25.6	67.1	19.257	20.404	20.174	3.979	4.214	5.978	0.130	0.137	0.192
0.667	60.0	25.6	66.2	18.904	20.007	19.719	2.073	2.186	3.588	0.068	0.071	0.115
0.750	60.0	25.5	68.0	18.691	19.759	19.396	0.923	0.919	1.891	0.030	0.030	0.061
0.833	60.0	25.4	67.3	18.588	19.646	19.200	0.367	0.342	0.862	0.012	0.011	0.028
0.917	60.0	25.5	66.8	18.558	19.616	19.109	0.205	0.189	0.383	0.007	0.006	0.012
1.000	60.0	25.6	67.1	18.552	19.611	19.074	0.173	0.163	0.200	0.006	0.005	0.006
1.167	60.0	25.6	67.8	18.550	19.609	19.066	0.162	0.153	0.158	0.005	0.005	0.005

ตาราง ข-3 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 2 mm ที่อุณหภูมิ 80 °C และ
ความเร็วลมร้อน 0.7 m/s

Time (h)	Th (oC)	Tamb (oC)	RHamb (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	80.0	24.4	67.1	26.700	27.808	24.680	31.049	31.942	31.535	1.000	1.000	1.000
0.038	80.0	24.3	66.7	26.115	27.251	24.147	28.178	29.299	28.695	0.908	0.917	0.910
0.083	80.0	24.3	67.0	25.474	26.586	23.456	25.032	26.143	25.012	0.806	0.818	0.793
0.122	80.0	24.3	67.0	24.824	25.987	22.917	21.842	23.301	22.139	0.703	0.730	0.702
0.167	80.0	24.3	67.3	24.248	25.402	22.367	19.014	20.526	19.208	0.612	0.643	0.609
0.205	80.0	24.3	67.3	23.638	24.756	21.793	16.020	17.461	16.149	0.516	0.547	0.512
0.250	80.0	24.3	67.5	23.057	24.192	21.263	13.169	14.785	13.324	0.424	0.463	0.423
0.288	80.0	24.3	67.5	22.504	23.636	20.739	10.455	12.147	10.531	0.337	0.380	0.334
0.333	80.0	24.2	67.4	22.013	22.961	20.720	8.045	8.944	10.430	0.259	0.280	0.331
0.372	80.0	24.2	67.4	21.583	22.687	19.898	5.934	7.644	6.049	0.191	0.239	0.192
0.417	80.0	24.2	67.6	21.227	22.294	19.550	4.187	5.779	4.194	0.135	0.181	0.133
0.455	80.0	24.2	67.6	20.934	21.954	19.256	2.749	4.166	2.628	0.089	0.130	0.083
0.500	80.0	24.4	67.6	20.713	21.686	19.050	1.664	2.894	1.530	0.054	0.091	0.049
0.583	80.0	24.3	67.9	20.455	21.302	18.870	0.398	1.072	0.570	0.013	0.034	0.018
0.667	80.0	24.3	67.4	20.390	21.138	18.779	0.079	0.294	0.085	0.003	0.009	0.003
0.750	80.0	24.1	67.9	20.385	21.092	18.776	0.054	0.076	0.069	0.002	0.002	0.002

ตาราง ข-4 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 2 mm ที่อุณหภูมิ 40 °C และ
ความเร็วลมร้อน 1.4 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	40.0	27.2	62.7	24.797	25.988	29.228	24.733	24.720	26.627	1.000	1.000	1.000
0.042	40.0	27.2	62.7	24.477	25.681	28.909	23.124	23.247	25.245	0.935	0.940	0.948
0.083	40.0	27.0	63.0	24.169	25.381	28.589	21.574	21.807	23.858	0.872	0.882	0.896
0.125	40.0	27.0	63.0	23.868	25.098	28.276	20.060	20.449	22.502	0.811	0.827	0.845
0.167	40.0	27.1	65.4	23.584	24.805	27.949	18.632	19.043	21.086	0.753	0.770	0.792
0.208	40.0	27.1	65.4	23.261	24.500	27.629	17.007	17.579	19.699	0.688	0.711	0.740
0.250	40.0	27.0	66.4	22.950	24.191	27.310	15.443	16.096	18.317	0.624	0.651	0.688
0.292	40.0	27.0	66.4	22.645	23.903	27.015	13.908	14.714	17.039	0.562	0.595	0.640
0.333	40.0	27.1	67.7	22.345	23.608	26.695	12.399	13.298	15.653	0.501	0.538	0.588
0.375	40.0	27.1	67.7	22.028	23.309	26.375	10.805	11.864	14.267	0.437	0.480	0.536
0.417	40.0	26.9	68.0	21.738	23.018	26.048	9.346	10.467	12.850	0.378	0.423	0.483
0.458	40.0	26.9	68.0	21.431	22.721	25.727	7.802	9.042	11.459	0.315	0.366	0.430
0.500	40.0	26.8	68.1	21.194	22.461	25.160	6.610	7.794	9.003	0.267	0.315	0.338
0.583	40.0	26.7	69.0	20.717	21.943	24.548	4.210	5.308	6.351	0.170	0.215	0.239
0.667	40.0	26.7	70.0	20.363	21.560	24.102	2.430	3.470	4.419	0.098	0.140	0.166
0.750	40.0	26.7	70.6	20.144	21.278	23.748	1.328	2.116	2.885	0.054	0.086	0.108
0.833	40.0	26.6	70.8	20.107	21.105	23.503	1.142	1.286	1.824	0.046	0.052	0.068
0.917	40.0	26.6	71.3	19.978	21.001	23.344	0.493	0.787	1.135	0.020	0.032	0.043
1.000	40.0	26.6	70.8	19.961	20.950	23.242	0.407	0.542	0.693	0.016	0.022	0.026
1.167	40.0	26.4	71.1	19.952	20.922	23.162	0.362	0.408	0.347	0.015	0.017	0.013
1.333	40.0	26.4	71.8	19.951	20.920	23.150	0.357	0.398	0.295	0.014	0.016	0.011
1.500	40.0	26.3	71.3	19.951	20.916	23.147	0.357	0.379	0.282	0.014	0.015	0.011

ตาราง ข-5 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 2 mm ที่อุณหภูมิ 60 °C และ
ความเร็วลมร่อน 1.4 m/s

Time (h)	T _b (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	60.0	23.9	58.3	25.769	25.475	26.601	24.850	24.725	24.870	1.000	1.000	1.000
0.042	60.0	23.9	58.3	25.178	24.883	25.903	21.986	21.826	21.593	0.885	0.883	0.868
0.083	60.0	24.0	58.1	24.597	24.287	25.238	19.172	18.908	18.472	0.771	0.765	0.743
0.125	60.0	24.0	58.1	24.050	23.750	24.676	16.521	16.279	15.833	0.665	0.658	0.637
0.167	60.0	24.1	57.4	23.496	23.191	24.100	13.837	13.542	13.130	0.557	0.548	0.528
0.208	60.0	24.1	57.4	22.959	22.672	23.585	11.235	11.001	10.712	0.452	0.445	0.431
0.250	60.0	24.1	57.2	22.477	22.177	23.084	8.900	8.578	8.360	0.358	0.347	0.336
0.292	60.0	24.1	57.2	22.036	21.687	22.607	6.764	6.179	6.121	0.272	0.250	0.246
0.333	60.0	24.2	57.1	21.703	21.366	22.291	5.150	4.607	4.638	0.207	0.186	0.186
0.375	60.0	24.2	57.1	21.396	21.051	21.952	3.663	3.065	3.047	0.147	0.124	0.122
0.417	60.0	24.2	56.5	21.151	20.858	21.753	2.476	2.120	2.112	0.100	0.086	0.085
0.458	60.0	24.2	56.5	20.967	20.678	21.585	1.584	1.239	1.324	0.064	0.050	0.053
0.500	60.0	24.3	54.9	20.843	20.576	21.474	0.984	0.739	0.803	0.040	0.030	0.032
0.583	60.0	24.4	55.1	20.694	20.459	21.347	0.262	0.166	0.207	0.011	0.007	0.008
0.667	60.0	24.4	56.0	20.656	20.436	21.314	0.078	0.054	0.052	0.003	0.002	0.002

ตาราง ข-6 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 2 mm ที่อุณหภูมิ 80 °C และ
ความเร็วลมร้อน 1.4 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	80.0	27.7	49.4	26.701	25.345	22.167	23.484	22.796	23.034	1.000	1.000	1.000
0.042	80.0	27.7	49.4	25.931	24.537	21.393	19.923	18.881	18.738	0.848	0.828	0.813
0.083	80.0	27.6	50.2	25.042	24.663	20.528	15.812	19.491	13.937	0.673	0.855	0.605
0.125	80.0	27.6	50.2	24.218	22.845	19.714	12.001	10.683	9.419	0.511	0.469	0.409
0.167	80.0	27.5	51.4	23.481	22.119	19.035	8.593	7.166	5.650	0.366	0.314	0.245
0.208	80.0	27.5	51.4	22.829	21.511	18.562	5.577	4.220	3.025	0.237	0.185	0.131
0.250	80.0	27.5	50.6	22.349	21.139	18.303	3.358	2.418	1.587	0.143	0.106	0.069
0.292	80.0	27.5	50.6	22.065	20.914	18.155	2.044	1.328	0.766	0.087	0.058	0.033
0.333	80.0	27.5	51.1	21.816	20.739	18.057	0.893	0.480	0.222	0.038	0.021	0.010
0.375	80.0	27.5	51.1	21.697	20.671	18.037	0.342	0.150	0.111	0.015	0.007	0.005
0.417	80.0	27.5	51.4	21.653	20.653	18.033	0.139	0.063	0.089	0.006	0.003	0.004
0.458	80.0	27.5	51.4	21.634	20.645	18.030	0.051	0.024	0.072	0.002	0.001	0.003

ตาราง ข-7 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 2 mm ที่อุณหภูมิ 40 °C และ
ความเร็วลมร้อน 2.4 m/s

Time (h)	T _b (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	40.0	21.5	82.3	22.382	25.827	23.748	24.844	25.283	25.478	1.000	1.000	1.000
0.042	40.0	21.5	82.3	22.060	25.503	23.430	23.048	23.711	23.798	0.928	0.938	0.934
0.083	40.0	21.6	82.6	21.736	25.174	23.086	21.241	22.115	21.980	0.855	0.875	0.863
0.125	40.0	21.6	82.6	21.447	24.835	22.733	19.629	20.471	20.115	0.790	0.810	0.790
0.167	40.0	22.0	81.7	21.154	24.509	22.420	17.994	18.889	18.461	0.724	0.747	0.725
0.208	40.0	22.0	81.7	20.882	24.240	22.143	16.477	17.584	16.998	0.663	0.696	0.667
0.250	40.0	21.7	80.4	20.601	23.935	21.865	14.910	16.105	15.529	0.600	0.637	0.609
0.292	40.0	21.7	80.4	20.328	23.619	21.573	13.387	14.572	13.986	0.539	0.576	0.549
0.333	40.0	21.5	80.5	20.056	23.319	21.305	11.870	13.117	12.570	0.478	0.519	0.493
0.375	40.0	21.5	80.5	19.793	23.008	21.036	10.403	11.608	11.149	0.419	0.459	0.438
0.417	40.0	21.5	80.2	19.544	22.713	20.776	9.014	10.177	9.775	0.363	0.403	0.384
0.458	40.0	21.5	80.2	19.311	22.427	20.519	7.714	8.790	8.417	0.311	0.348	0.330
0.500	40.0	21.8	81.0	19.095	22.163	20.271	6.509	7.509	7.107	0.262	0.297	0.279
0.583	40.0	22.1	79.5	18.682	21.722	19.854	4.206	5.370	4.903	0.169	0.212	0.192
0.667	40.0	22.0	80.5	18.390	21.353	19.521	2.577	3.580	3.144	0.104	0.142	0.123
0.750	40.0	22.1	80.5	18.209	21.100	19.298	1.567	2.353	1.966	0.063	0.093	0.077
0.833	40.0	22.1	81.0	18.085	20.907	19.145	0.876	1.416	1.157	0.035	0.056	0.045
0.917	40.0	22.0	82.3	18.022	20.789	19.054	0.524	0.844	0.676	0.021	0.033	0.027
1.000	40.0	22.1	83.1	17.999	20.730	19.016	0.396	0.558	0.476	0.016	0.022	0.019
1.167	40.0	21.9	84.0	17.990	20.695	18.991	0.346	0.388	0.343	0.014	0.015	0.013
1.333	40.0	22.0	83.0	17.989	20.688	18.988	0.340	0.354	0.328	0.014	0.014	0.013
1.500	40.0	22.1	83.3	17.988	20.688	18.987	0.335	0.354	0.322	0.013	0.014	0.013
1.833	40.0	22.1	83.0	17.985	20.687	18.984	0.318	0.349	0.306	0.013	0.014	0.012
2.167	40.0	22.8	76.7	17.980	20.683	18.982	0.290	0.330	0.296	0.012	0.013	0.012

ตาราง ข-8 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 2 mm ที่อุณหภูมิ 60 °C และ
ความเร็วลมร้อน 2.4 m/s

Time (h)	T _b (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	60.0	26.0	74.7	29.748	28.473	30.652	25.530	25.173	25.479	1.000	1.000	1.000
0.042	60.0	26.0	74.7	29.055	27.281	29.996	22.605	19.932	22.794	0.885	0.792	0.895
0.083	60.0	26.2	74.0	28.392	27.138	29.322	19.808	19.304	20.034	0.776	0.767	0.786
0.125	60.0	26.2	74.0	27.681	26.466	28.595	16.807	16.349	17.058	0.658	0.649	0.670
0.167	60.0	26.2	73.5	27.023	25.821	27.947	14.031	13.514	14.406	0.550	0.537	0.565
0.208	60.0	26.2	73.5	26.382	25.176	27.258	11.326	10.678	11.585	0.444	0.424	0.455
0.250	60.0	26.3	73.2	25.763	24.596	26.615	8.714	8.129	8.953	0.341	0.323	0.351
0.292	60.0	26.3	73.2	25.221	24.101	26.123	6.427	5.952	6.939	0.252	0.236	0.272
0.333	60.0	26.4	72.6	24.759	23.194	25.709	4.477	1.965	5.244	0.175	0.078	0.206
0.375	60.0	26.4	72.6	24.393	23.351	25.310	2.933	2.655	3.611	0.115	0.105	0.142
0.417	60.0	26.5	72.1	24.157	23.147	25.065	1.937	1.758	2.608	0.076	0.070	0.102
0.458	60.0	26.5	72.1	23.972	22.978	24.850	1.156	1.016	1.728	0.045	0.040	0.068
0.500	60.0	26.5	71.8	23.856	22.871	24.701	0.667	0.545	1.118	0.026	0.022	0.044
0.583	60.0	26.5	73.4	23.744	22.778	24.521	0.194	0.136	0.381	0.008	0.005	0.015
0.667	60.0	26.4	73.6	23.730	22.769	24.463	0.135	0.097	0.143	0.005	0.004	0.006
0.750	60.0	26.4	72.9	23.726	22.763	24.451	0.118	0.070	0.094	0.005	0.003	0.004
0.833	60.0	26.5	73.2	23.724	22.761	24.448	0.110	0.062	0.082	0.004	0.002	0.003

ตาราง ข-9 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 2 mm ที่อุณหภูมิ 80 °C และ
ความเร็วลมร้อน 2.4 m/s

Time (h)	T _b (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	80.0	25.5	68.2	29.157	27.932	24.679	25.417	24.903	24.805	1.000	1.000	1.000
0.042	80.0	25.5	68.2	28.174	26.939	23.666	21.189	20.462	19.682	0.834	0.822	0.793
0.083	80.0	25.5	68.2	26.966	25.798	22.495	15.993	15.360	13.760	0.629	0.617	0.555
0.125	80.0	25.5	68.2	26.102	24.877	21.642	12.276	11.242	9.447	0.483	0.451	0.381
0.167	80.0	25.5	68.2	25.255	23.983	20.803	8.633	7.244	5.204	0.340	0.291	0.210
0.208	80.0	25.5	68.2	24.565	23.326	20.277	5.665	4.306	2.544	0.223	0.173	0.103
0.250	80.0	25.5	68.2	24.030	22.897	19.965	3.364	2.388	0.966	0.132	0.096	0.039
0.292	80.0	25.5	68.2	23.683	22.599	19.823	1.871	1.055	0.248	0.074	0.042	0.010
0.333	80.0	25.5	68.2	23.461	22.442	19.787	0.916	0.353	0.066	0.036	0.014	0.003
0.375	80.0	25.5	68.2	23.334	22.388	19.785	0.370	0.112	0.056	0.015	0.004	0.002
0.417	80.0	25.8	69.4	23.291	22.382	19.784	0.185	0.085	0.051	0.007	0.003	0.002
0.458	80.0	25.9	69.3	23.285	22.381	19.783	0.159	0.080	0.046	0.006	0.003	0.002
0.500	80.0	26.0	68.5	23.279	22.379	19.782	0.133	0.072	0.040	0.005	0.003	0.002

ตาราง ข-10 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 4 mm ที่อุณหภูมิ 40 °C และ
ความเร็วลมร้อน 0.7 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	40.0	24.9	72.4	39.698	38.769	40.560	32.181	31.358	32.023	1.000	1.000	1.000
0.083	40.0	24.9	72.5	39.139	38.219	40.030	30.320	29.494	30.298	0.942	0.941	0.946
0.167	40.0	24.9	71.5	38.568	37.597	39.425	28.419	27.387	28.328	0.883	0.873	0.885
0.250	40.0	24.8	71.0	38.201	37.195	39.019	27.197	26.025	27.007	0.845	0.830	0.843
0.333	40.0	24.8	70.6	37.741	36.716	38.536	25.665	24.402	25.435	0.798	0.778	0.794
0.417	40.0	24.8	70.9	37.293	36.224	38.057	24.173	22.735	23.875	0.751	0.725	0.746
0.500	40.0	24.9	69.9	36.848	35.749	37.596	22.692	21.126	22.375	0.705	0.674	0.699
0.583	40.0	25.0	69.8	36.413	35.282	37.138	21.243	19.543	20.884	0.660	0.623	0.652
0.667	40.0	25.1	69.9	35.971	34.802	36.678	19.772	17.917	19.387	0.614	0.571	0.605
0.750	40.0	25.0	70.2	35.531	34.319	36.222	18.307	16.280	17.902	0.569	0.519	0.559
0.833	40.0	25.0	70.5	35.095	33.845	35.766	16.855	14.674	16.418	0.524	0.468	0.513
0.917	40.0	25.1	68.4	34.666	33.387	35.308	15.426	13.123	14.927	0.479	0.418	0.466
1.000	40.0	25.1	68.5	34.230	32.926	34.858	13.975	11.561	13.463	0.434	0.369	0.420
1.167	40.0	25.2	67.9	33.371	32.063	33.981	11.114	8.637	10.608	0.345	0.275	0.331
1.333	40.0	25.4	65.7	32.544	31.313	33.144	8.361	6.095	7.884	0.260	0.194	0.246
1.500	40.0	25.4	66.1	31.862	30.715	32.434	6.090	4.069	5.573	0.189	0.130	0.174
1.833	40.0	25.6	65.8	30.846	29.951	31.443	2.707	1.481	2.347	0.084	0.047	0.073
2.167	40.0	25.4	65.8	30.335	29.668	30.966	1.006	0.522	0.794	0.031	0.017	0.025
2.500	40.0	25.3	65.8	30.170	29.620	30.841	0.456	0.359	0.387	0.014	0.011	0.012
2.833	40.0	25.3	65.8	30.135	29.615	30.822	0.340	0.342	0.325	0.011	0.011	0.010
3.000	40.0	25.3	65.8	30.133	29.614	30.822	0.333	0.339	0.325	0.010	0.011	0.010

ตาราง ข-11 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 4 mm ที่อุณหภูมิ 60 °C และ
ความเร็วลมร้อน 0.7 m/s

Time (h)	T _b (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	60.0	27.2	56.6	48.646	45.754	49.433	25.681	25.556	25.688	1.000	1.000	1.000
0.083	60.0	27.7	55.2	47.524	44.702	48.374	22.782	22.670	22.995	0.887	0.887	0.895
0.167	60.0	27.7	55.2	46.684	43.899	47.506	20.612	20.466	20.788	0.803	0.801	0.809
0.250	60.0	27.0	54.3	45.642	42.950	46.505	17.920	17.862	18.243	0.698	0.699	0.710
0.333	60.0	26.7	55.2	44.640	42.000	45.497	15.331	15.255	15.680	0.597	0.597	0.610
0.417	60.0	27.1	55.9	43.740	41.094	44.602	13.006	12.769	13.405	0.506	0.500	0.522
0.500	60.0	27.1	55.8	42.810	40.140	43.664	10.603	10.151	11.020	0.413	0.397	0.429
0.583	60.0	27.3	56.5	42.035	39.371	42.842	8.601	8.040	8.930	0.335	0.315	0.348
0.667	60.0	26.4	56.5	41.294	38.665	42.101	6.686	6.103	7.046	0.260	0.239	0.274
0.750	60.0	26.4	55.7	40.652	38.075	41.450	5.028	4.484	5.390	0.196	0.175	0.210
0.833	60.0	26.4	56.6	40.129	37.580	40.879	3.676	3.126	3.938	0.143	0.122	0.153
0.917	60.0	26.4	55.8	39.713	37.221	40.451	2.602	2.140	2.850	0.101	0.084	0.111
1.000	60.0	26.3	54.2	39.358	36.904	40.059	1.684	1.271	1.854	0.066	0.050	0.072
1.167	60.0	26.4	56.5	38.994	36.617	39.676	0.744	0.483	0.880	0.029	0.019	0.034
1.333	60.0	26.5	53.6	38.792	36.479	39.447	0.222	0.104	0.297	0.009	0.004	0.012
1.500	60.0	26.5	53.1	38.746	36.457	39.383	0.103	0.044	0.135	0.004	0.002	0.005

ตาราง ข-12 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 4 mm ที่อุณหภูมิ 80 °C และ
ความเร็วลมร้อน 0.7 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	80.0	23.2	71.1	47.770	47.403	43.801	26.102	26.082	26.071	1.000	1.000	1.000
0.083	80.0	23.3	70.5	46.484	46.083	42.569	22.707	22.571	22.525	0.870	0.865	0.864
0.167	80.0	24.2	68.8	45.041	44.645	41.199	18.898	18.746	18.582	0.724	0.719	0.713
0.250	80.0	25.5	63.7	43.691	43.346	39.953	15.334	15.291	14.996	0.587	0.586	0.575
0.333	80.0	24.8	64.9	42.388	42.006	38.662	11.895	11.727	11.280	0.456	0.450	0.433
0.417	80.0	25.2	64.2	41.244	40.880	37.601	8.875	8.732	8.226	0.340	0.335	0.316
0.500	80.0	25.9	62.2	40.237	39.870	36.676	6.217	6.046	5.564	0.238	0.232	0.213
0.583	80.0	25.5	61.5	39.444	39.089	35.940	4.123	3.968	3.445	0.158	0.152	0.132
0.667	80.0	24.8	62.3	38.825	38.480	35.418	2.489	2.349	1.943	0.095	0.090	0.075
0.750	80.0	24.7	62.0	38.412	38.084	35.070	1.399	1.295	0.941	0.054	0.050	0.036
0.833	80.0	25.6	60.5	38.413	37.813	34.866	1.402	0.575	0.354	0.054	0.022	0.014
0.917	80.0	25.7	60.0	37.989	37.665	34.779	0.282	0.181	0.104	0.011	0.007	0.004
1.000	80.0	25.0	60.9	37.932	37.616	34.759	0.132	0.051	0.046	0.005	0.002	0.002

ตาราง ข-13 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 4 mm ที่อุณหภูมิ 40 °C และ
ความเร็วลมร้อน 1.4 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	40.0	27.3	61.7	47.249	43.329	46.444	25.090	23.804	25.169	1.000	1.000	1.000
0.083	40.0	27.4	61.9	46.487	43.255	45.700	23.073	23.593	23.164	0.920	0.991	0.920
0.167	40.0	27.2	61.9	45.831	42.663	45.033	21.336	21.901	21.366	0.850	0.920	0.849
0.250	40.0	27.3	61.9	45.074	41.999	44.259	19.332	20.004	19.280	0.770	0.840	0.766
0.333	40.0	27.5	61.6	44.535	41.527	43.701	17.905	18.655	17.777	0.714	0.784	0.706
0.417	40.0	27.4	61.3	43.715	40.768	42.847	15.734	16.487	15.475	0.627	0.693	0.615
0.500	40.0	27.6	61.3	43.043	40.126	42.133	13.955	14.652	13.551	0.556	0.616	0.538
0.617	40.0	27.3	61.4	42.152	39.299	41.237	11.596	12.289	11.136	0.462	0.516	0.442
0.667	40.0	27.4	61.9	41.770	38.935	40.829	10.585	11.249	10.036	0.422	0.473	0.399
0.750	40.0	27.3	61.6	41.162	38.355	40.173	8.975	9.592	8.268	0.358	0.403	0.329
0.833	40.0	27.2	61.4	40.625	37.852	39.625	7.553	8.155	6.792	0.301	0.343	0.270
0.917	40.0	27.2	61.2	40.101	37.349	39.081	6.166	6.718	5.325	0.246	0.282	0.212
1.000	40.0	27.2	61.2	39.634	36.889	38.611	4.930	5.403	4.059	0.196	0.227	0.161
1.167	40.0	27.3	58.8	38.957	36.189	38.011	3.137	3.403	2.442	0.125	0.143	0.097
1.333	40.0	27.3	59.0	38.489	35.713	37.628	1.898	2.044	1.410	0.076	0.086	0.056
1.500	40.0	27.1	60.1	38.213	35.444	37.407	1.168	1.274	0.814	0.047	0.054	0.032

ตาราง ข-14 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 4 mm ที่อุณหภูมิ 60 °C และ
ความเร็วลมร้อน 1.4 m/s

Time (h)	T _b (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	60.0	26.2	63.5	36.364	35.829	38.350	25.844	25.923	26.023	1.000	1.000	1.000
0.083	60.0	26.2	63.7	35.177	34.549	36.918	21.737	21.425	21.317	0.841	0.826	0.819
0.167	60.0	26.2	63.7	34.016	33.376	35.760	17.719	17.302	17.512	0.686	0.667	0.673
0.250	60.0	26.2	63.5	32.596	32.256	34.613	12.805	13.366	13.743	0.495	0.516	0.528
0.333	60.0	26.4	63.4	31.895	31.202	33.541	10.379	9.662	10.220	0.402	0.373	0.393
0.417	60.0	26.6	63.1	30.607	29.922	32.209	5.921	5.163	5.843	0.229	0.199	0.225
0.500	60.0	26.6	62.9	30.278	29.610	31.853	4.783	4.066	4.673	0.185	0.157	0.180
0.617	60.0	26.6	63.0	29.699	29.103	31.286	2.779	2.284	2.810	0.108	0.088	0.108
0.667	60.0	26.7	62.9	29.287	28.748	30.873	1.353	1.037	1.452	0.052	0.040	0.056
0.750	60.0	26.7	62.9	29.125	28.611	30.701	0.792	0.555	0.887	0.031	0.021	0.034
0.833	60.0	26.7	62.4	29.007	28.529	30.562	0.384	0.267	0.430	0.015	0.010	0.017
0.917	60.0	26.7	62.2	28.950	28.500	30.498	0.187	0.165	0.220	0.007	0.006	0.008

ตาราง ข-15 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 4 mm ที่อุณหภูมิ 80 °C และ
ความเร็วลมร้อน 1.4 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	80.0	27.6	57.7	35.083	38.607	39.985	25.435	25.805	25.929	1.000	1.000	1.000
0.083	80.0	27.7	57.8	33.545	36.924	38.282	19.936	20.321	20.566	0.784	0.787	0.793
0.183	80.0	27.8	57.9	32.249	35.529	36.816	15.303	15.775	15.949	0.602	0.611	0.615
0.250	80.0	27.8	57.9	30.526	33.656	34.902	9.142	9.672	9.921	0.359	0.375	0.383
0.333	80.0	27.9	57.8	29.389	32.429	33.628	5.077	5.673	5.908	0.200	0.220	0.228
0.417	80.0	27.0	58.0	28.595	31.487	32.682	2.238	2.604	2.929	0.088	0.101	0.113
0.517	80.0	27.1	58.0	28.165	30.973	32.146	0.701	0.929	1.241	0.028	0.036	0.048
0.583	80.0	27.1	58.1	28.003	30.741	31.865	0.122	0.173	0.356	0.005	0.007	0.014
0.667	80.0	27.3	57.9	27.976	30.700	31.769	0.025	0.039	0.054	0.001	0.002	0.002

ตาราง ข-16 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 4 mm ที่อุณหภูมิ 40 °C และ
ความเร็วลมร้อน 2.4 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	40.0	27.8	59.8	35.392	37.448	33.583	26.175	26.492	26.209	1.000	1.000	1.000
0.083	40.0	27.7	60.2	34.708	36.710	32.895	23.736	23.999	23.624	0.907	0.906	0.901
0.183	40.0	27.8	59.8	33.963	35.940	32.150	21.080	21.398	20.824	0.805	0.808	0.795
0.250	40.0	27.8	59.5	33.479	35.443	31.611	19.355	19.720	18.798	0.739	0.744	0.717
0.333	40.0	27.7	59.5	32.816	34.786	30.919	16.991	17.500	16.198	0.649	0.661	0.618
0.417	40.0	27.7	59.6	32.262	33.231	30.317	15.016	12.248	13.935	0.574	0.462	0.532
0.517	40.0	27.7	60.6	31.551	33.516	29.574	12.481	13.211	11.143	0.477	0.499	0.425
0.583	40.0	27.7	61.1	31.095	33.035	29.095	10.856	11.586	9.343	0.415	0.437	0.356
0.667	40.0	27.7	62.2	30.584	32.490	28.576	9.034	9.745	7.392	0.345	0.368	0.282
0.750	40.0	27.1	62.4	30.079	31.933	28.085	7.234	7.864	5.547	0.276	0.297	0.212
0.833	40.0	27.6	62.7	29.614	31.402	27.655	5.576	6.070	3.931	0.213	0.229	0.150
0.917	40.0	27.2	63.0	29.290	31.035	27.377	4.421	4.830	2.886	0.169	0.182	0.110
1.000	40.0	27.0	63.6	29.022	30.715	27.170	3.465	3.749	2.108	0.132	0.142	0.080
1.167	40.0	26.7	64.5	28.527	30.152	26.842	1.701	1.848	0.876	0.065	0.070	0.033
1.333	40.0	26.5	64.8	28.285	29.887	26.742	0.838	0.953	0.500	0.032	0.036	0.019
1.500	40.0	26.5	65.1	28.182	29.758	26.696	0.471	0.517	0.327	0.018	0.020	0.012
1.833	40.0	26.3	65.7	28.144	29.711	26.690	0.335	0.358	0.304	0.013	0.014	0.012
2.167	40.0	26.3	65.6	28.141	29.705	26.688	0.324	0.338	0.297	0.012	0.013	0.011
2.500	40.0	26.3	65.1	28.138	29.704	26.686	0.314	0.334	0.289	0.012	0.013	0.011
2.833	40.0	26.5	61.3	28.134	29.702	26.684	0.299	0.328	0.282	0.011	0.012	0.011

ตาราง ข-17 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 4 mm ที่อุณหภูมิ 60 °C และ
ความเร็วลมร้อน 2.4 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	60.0	26.5	64.0	42.121	44.405	45.071	24.482	24.793	24.685	1.000	1.000	1.000
0.083	60.0	26.9	63.1	40.767	42.990	43.743	20.481	20.816	21.011	0.837	0.840	0.851
0.167	60.0	26.8	63.0	39.310	41.455	42.326	16.175	16.502	17.091	0.661	0.666	0.692
0.250	60.0	26.7	63.3	37.949	40.014	40.920	12.152	12.453	13.201	0.496	0.502	0.535
0.333	60.0	26.5	63.7	36.764	38.736	39.620	8.650	8.861	9.605	0.353	0.357	0.389
0.417	60.0	26.6	64.4	35.799	37.737	38.560	5.798	6.053	6.673	0.237	0.244	0.270
0.500	60.0	26.7	65.3	35.043	36.880	37.704	3.564	3.645	4.305	0.146	0.147	0.174
0.583	60.0	26.9	65.2	34.551	36.345	37.124	2.110	2.141	2.700	0.086	0.086	0.109
0.667	60.0	26.8	64.9	34.241	36.022	36.759	1.194	1.234	1.690	0.049	0.050	0.068
0.750	60.0	27.3	62.0	33.964	35.734	36.421	0.375	0.424	0.755	0.015	0.017	0.031
0.833	60.0	27.2	62.2	33.902	35.663	36.316	0.192	0.225	0.465	0.008	0.009	0.019
0.917	60.0	27.0	63.4	33.857	35.618	36.226	0.059	0.098	0.216	0.002	0.004	0.009
1.000	60.0	27.4	62.8	33.848	35.606	36.194	0.033	0.065	0.127	0.001	0.003	0.005



ตาราง ข-18 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 4 mm ที่อุณหภูมิ 80 °C และ
ความเร็วลมร้อน 2.4 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	80.0	28.0	57.5	41.525	47.052	45.810	25.647	25.996	25.600	1.000	1.000	1.000
0.083	80.0	29.0	56.7	39.490	44.842	43.860	19.489	20.078	20.253	0.760	0.772	0.791
0.167	80.0	27.6	63.5	37.530	42.630	41.804	13.559	14.155	14.616	0.529	0.544	0.571
0.250	80.0	28.2	61.7	35.770	40.749	39.763	8.233	9.118	9.020	0.321	0.351	0.352
0.333	80.0	27.7	61.3	34.436	39.162	38.303	4.197	4.868	5.017	0.164	0.187	0.196
0.417	80.0	28.3	57.9	33.671	38.242	37.393	1.882	2.405	2.522	0.073	0.093	0.099
0.500	80.0	28.7	58.7	33.264	37.720	36.905	0.651	1.007	1.184	0.025	0.039	0.046
0.583	80.0	28.4	60.9	33.086	37.435	36.595	0.112	0.244	0.334	0.004	0.009	0.013
0.667	80.0	27.8	58.7	33.059	37.365	36.501	0.030	0.056	0.077	0.001	0.002	0.003

ตาราง ข-19 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 6 mm ที่อุณหภูมิ 40 °C และ
ความเร็วลมร้อน 0.7 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	40.0	28.0	57.5	57.540	55.599	55.926	25.584	25.781	25.513	1.000	1.000	1.000
0.083	40.0	28.1	57.0	57.037	55.101	55.430	24.486	24.654	24.400	0.957	0.956	0.956
0.167	40.0	28.1	55.9	56.531	54.577	54.869	23.382	23.469	23.141	0.914	0.910	0.907
0.250	40.0	28.1	55.7	56.073	54.124	54.397	22.382	22.444	22.081	0.875	0.871	0.865
0.333	40.0	28.1	55.9	55.578	53.636	53.896	21.302	21.340	20.957	0.833	0.828	0.821
0.417	40.0	28.1	55.7	55.099	53.161	53.402	20.256	20.266	19.848	0.792	0.786	0.778
0.500	40.0	28.1	55.5	54.611	52.695	52.877	19.191	19.211	18.670	0.750	0.745	0.732
0.583	40.0	28.1	55.9	54.117	52.206	52.367	18.113	18.105	17.525	0.708	0.702	0.687
0.667	40.0	28.1	55.9	53.632	51.730	51.871	17.054	17.028	16.412	0.667	0.660	0.643
0.750	40.0	28.1	56.2	53.149	51.285	51.380	16.000	16.022	15.310	0.625	0.621	0.600
0.833	40.0	28.1	54.4	52.645	50.782	50.865	14.900	14.884	14.155	0.582	0.577	0.555
0.917	40.0	28.0	54.1	52.153	50.317	50.360	13.826	13.832	13.021	0.540	0.537	0.510
1.000	40.0	28.0	55.2	51.672	49.851	49.865	12.777	12.777	11.910	0.499	0.496	0.467
1.167	40.0	27.9	54.5	50.740	48.892	48.922	10.743	10.608	9.794	0.420	0.411	0.384
1.333	40.0	27.8	54.5	49.938	47.974	47.991	8.992	8.531	7.705	0.351	0.331	0.302
1.500	40.0	27.7	54.6	49.123	47.320	47.276	7.213	7.052	6.100	0.282	0.274	0.239
1.833	40.0	27.6	55.6	47.803	45.919	46.040	4.332	3.882	3.326	0.169	0.151	0.130
2.167	40.0	27.5	59.8	46.945	45.142	45.348	2.460	2.124	1.773	0.096	0.082	0.069
2.500	40.0	27.4	62.2	46.460	44.721	44.983	1.401	1.172	0.954	0.055	0.045	0.037
2.833	40.0	27.3	61.2	46.188	44.499	44.800	0.808	0.670	0.543	0.032	0.026	0.021
3.167	40.0	27.4	60.0	46.055	44.406	44.733	0.517	0.459	0.393	0.020	0.018	0.015
3.500	40.0	27.2	60.4	45.999	44.374	44.709	0.395	0.387	0.339	0.015	0.015	0.013
3.833	40.0	27.2	62.3	45.990	44.368	44.708	0.375	0.373	0.337	0.015	0.014	0.013

ตาราง ข-20 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 6 mm ที่อุณหภูมิ 60 °C และ
ความเร็วลมร้อน 0.7 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	60.0	26.7	68.9	56.382	61.509	57.161	26.253	26.538	26.323	1.000	1.000	1.000
0.083	60.0	26.8	69.2	55.467	60.561	56.225	24.204	24.588	24.254	0.922	0.927	0.921
0.167	60.0	27.0	68.0	54.406	59.453	55.160	21.828	22.309	21.901	0.831	0.841	0.832
0.250	60.0	26.8	68.4	53.514	58.538	54.277	19.831	20.426	19.949	0.755	0.770	0.758
0.333	60.0	26.7	68.4	52.548	57.568	53.310	17.668	18.431	17.812	0.673	0.694	0.677
0.417	60.0	26.8	67.9	51.621	56.574	52.341	15.592	16.386	15.671	0.594	0.617	0.595
0.500	60.0	26.8	67.9	50.707	55.569	51.392	13.545	14.318	13.573	0.516	0.540	0.516
0.583	60.0	26.8	67.2	49.820	54.549	50.461	11.559	12.220	11.516	0.440	0.460	0.437
0.667	60.0	26.9	67.2	49.002	53.670	49.631	9.727	10.412	9.682	0.371	0.392	0.368
0.750	60.0	26.8	66.2	48.211	52.838	48.842	7.956	8.700	7.938	0.303	0.328	0.302
0.833	60.0	26.9	66.1	47.477	52.060	48.094	6.312	7.100	6.285	0.240	0.268	0.239
0.917	60.0	26.9	65.2	46.893	51.433	47.497	5.005	5.810	4.966	0.191	0.219	0.189
1.000	60.0	27.0	63.4	46.374	50.850	46.958	3.843	4.610	3.775	0.146	0.174	0.143
1.167	60.0	27.0	63.4	45.642	49.953	46.235	2.203	2.765	2.177	0.084	0.104	0.083
1.333	60.0	27.2	62.9	45.173	49.388	45.778	1.153	1.603	1.167	0.044	0.060	0.044
1.500	60.0	27.3	62.5	44.900	49.020	45.506	0.542	0.846	0.566	0.021	0.032	0.021
1.833	60.0	27.4	61.7	44.733	48.718	45.348	0.168	0.224	0.217	0.006	0.008	0.008
2.167	60.0	27.8	59.0	44.723	48.691	45.334	0.146	0.169	0.186	0.006	0.006	0.007

ตาราง ข-21 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 6 mm ที่อุณหภูมิ 80 °C และ
ความเร็วลมร้อน 0.7 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	80.0	27.9	50.5	58.363	55.628	52.510	26.436	26.347	26.332	1.000	1.000	1.000
0.083	80.0	28.0	50.3	57.175	54.405	51.361	23.863	23.569	23.568	0.903	0.895	0.895
0.167	80.0	27.8	50.2	55.835	53.031	50.094	20.960	20.448	20.520	0.793	0.776	0.779
0.250	80.0	27.7	50.9	54.509	51.672	48.737	18.087	17.362	17.255	0.684	0.659	0.655
0.333	80.0	27.2	52.9	53.176	50.340	47.445	15.199	14.336	14.147	0.575	0.544	0.537
0.417	80.0	26.7	54.4	51.897	49.147	46.325	12.429	11.627	11.452	0.470	0.441	0.435
0.500	80.0	26.5	55.3	50.704	47.967	45.180	9.844	8.947	8.697	0.372	0.340	0.330
0.583	80.0	26.4	55.7	49.675	46.958	44.217	7.615	6.655	6.380	0.288	0.253	0.242
0.667	80.0	26.2	54.4	48.819	46.156	43.448	5.760	4.833	4.530	0.218	0.183	0.172
0.867	80.0	26.3	55.3	47.351	44.838	42.250	2.580	1.840	1.648	0.098	0.070	0.063
0.917	80.0	26.3	55.5	47.094	44.616	42.050	2.023	1.336	1.167	0.077	0.051	0.044
1.000	80.0	26.3	55.7	46.828	44.398	41.860	1.447	0.840	0.710	0.055	0.032	0.027
1.167	80.0	26.3	54.4	46.357	44.089	41.606	0.427	0.139	0.099	0.016	0.005	0.004
1.333	80.0	26.3	54.4	46.196	44.038	41.576	0.078	0.023	0.026	0.003	0.001	0.001

ตาราง ข-22 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 6 mm ที่อุณหภูมิ 40 °C และ
ความเร็วลมร้อน 1.4 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	40.0	25.5	64.5	54.861	51.846	55.337	26.586	26.918	26.107	1.000	1.000	1.000
0.083	40.0	25.5	64.0	54.259	51.292	54.715	25.197	25.562	24.690	0.948	0.950	0.946
0.183	40.0	25.7	64.2	53.404	50.514	53.814	23.224	23.657	22.636	0.874	0.879	0.867
0.250	40.0	25.8	63.0	52.733	49.895	53.111	21.676	22.142	21.034	0.815	0.823	0.806
0.333	40.0	25.9	62.5	52.061	49.285	52.398	20.125	20.649	19.409	0.757	0.767	0.743
0.417	40.0	26.1	61.9	51.360	48.633	51.664	18.508	19.053	17.737	0.696	0.708	0.679
0.517	40.0	26.2	60.7	50.654	47.981	50.914	16.879	17.457	16.027	0.635	0.649	0.614
0.583	40.0	26.2	60.8	50.029	47.372	50.282	15.436	15.966	14.587	0.581	0.593	0.559
0.667	40.0	26.4	59.8	49.355	46.766	49.629	13.881	14.482	13.099	0.522	0.538	0.502
0.750	40.0	26.2	57.7	48.690	46.125	48.910	12.347	12.913	11.461	0.464	0.480	0.439
0.833	40.0	26.1	58.7	48.080	45.506	48.268	10.939	11.398	9.997	0.411	0.423	0.383
0.917	40.0	26.5	56.4	47.511	44.938	47.682	9.626	10.007	8.662	0.362	0.372	0.332
1.000	40.0	26.5	57.0	47.056	44.480	47.211	8.577	8.886	7.589	0.323	0.330	0.291
1.167	40.0	26.6	55.2	45.943	43.335	46.092	6.008	6.083	5.039	0.226	0.226	0.193
1.333	40.0	26.7	54.4	45.164	42.532	45.348	4.211	4.118	3.343	0.158	0.153	0.128
1.583	40.0	27.0	53.0	44.394	41.786	44.670	2.434	2.291	1.798	0.092	0.085	0.069
1.833	40.0	27.4	49.4	43.963	41.365	44.282	1.440	1.261	0.914	0.054	0.047	0.035
2.167	40.0	27.5	49.0	43.657	41.087	44.015	0.734	0.580	0.305	0.028	0.022	0.012
2.500	40.0	27.8	47.5	43.536	41.013	43.946	0.455	0.399	0.148	0.017	0.015	0.006
2.833	40.0	27.9	48.7	43.506	41.000	43.934	0.385	0.367	0.121	0.014	0.014	0.005

ตาราง ข-23 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 6 mm ที่อุณหภูมิ 60 °C และ
ความเร็วลมร้อน 1.4 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	60.0	27.7	58.6	51.395	57.186	56.847	26.983	26.779	26.681	1.000	1.000	1.000
0.083	60.0	27.8	58.3	50.094	55.935	55.485	23.768	24.005	23.646	0.881	0.896	0.886
0.167	60.0	28.1	58.3	48.812	54.641	54.121	20.601	21.136	20.607	0.763	0.789	0.772
0.250	60.0	28.1	57.3	47.563	53.409	52.753	17.515	18.405	17.558	0.649	0.687	0.658
0.333	60.0	28.1	57.4	46.311	52.183	51.457	14.422	15.687	14.670	0.534	0.586	0.550
0.417	60.0	28.1	57.6	45.134	50.970	50.201	11.514	12.998	11.871	0.427	0.485	0.445
0.500	60.0	28.0	58.3	44.094	49.882	49.123	8.944	10.586	9.469	0.331	0.395	0.355
0.583	60.0	27.9	58.0	43.109	48.765	48.047	6.510	8.110	7.071	0.241	0.303	0.265
0.667	60.0	27.9	58.3	42.420	47.922	47.253	4.808	6.241	5.302	0.178	0.233	0.199
0.750	60.0	27.9	58.8	41.853	47.221	46.630	3.407	4.687	3.913	0.126	0.175	0.147
0.833	60.0	27.9	58.8	41.428	46.650	46.125	2.357	3.421	2.788	0.087	0.128	0.104
0.917	60.0	27.8	58.9	41.136	46.251	45.772	1.636	2.536	2.001	0.061	0.095	0.075
1.000	60.0	27.8	59.4	40.904	45.917	45.482	1.062	1.796	1.355	0.039	0.067	0.051
1.167	60.0	27.8	59.4	40.646	45.498	45.132	0.425	0.867	0.575	0.016	0.032	0.022
1.333	60.0	27.9	59.6	40.578	45.294	44.997	0.257	0.415	0.274	0.010	0.015	0.010
1.550	60.0	27.9	60.0	40.562	45.233	44.967	0.217	0.279	0.207	0.008	0.010	0.008
1.833	60.0	27.9	61.3	40.558	45.222	44.963	0.208	0.255	0.198	0.008	0.010	0.007
2.167	60.0	27.9	63.8	40.562	45.224	44.964	0.217	0.259	0.201	0.008	0.010	0.008



ตาราง ข-24 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 6 mm ที่อุณหภูมิ 80 °C และ
ความเร็วลมร้อน 1.4 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	80.0	28.4	58.6	53.146	55.939	55.479	26.166	25.833	26.017	1.000	1.000	1.000
0.083	80.0	28.7	56.6	51.190	54.024	53.469	21.522	21.525	21.451	0.823	0.833	0.825
0.167	80.0	27.7	56.6	49.302	51.989	51.411	17.040	16.947	16.777	0.651	0.656	0.645
0.250	80.0	28.8	55.1	47.641	50.300	49.680	13.097	13.148	12.845	0.501	0.509	0.494
0.333	80.0	28.5	54.4	46.119	48.699	48.059	9.484	9.547	9.163	0.362	0.370	0.352
0.417	80.0	28.5	53.4	44.745	47.293	46.744	6.222	6.384	6.176	0.238	0.247	0.237
0.500	80.0	28.2	53.4	43.783	46.292	45.779	3.938	4.132	3.984	0.151	0.160	0.153
0.583	80.0	28.1	54.2	43.128	45.611	45.127	2.383	2.600	2.503	0.091	0.101	0.096
0.667	80.0	28.2	55.9	42.683	45.129	44.650	1.327	1.516	1.420	0.051	0.059	0.055
0.750	80.0	28.1	54.5	42.392	44.800	44.331	0.636	0.776	0.695	0.024	0.030	0.027
0.833	80.0	28.2	54.7	42.255	44.597	44.148	0.311	0.319	0.279	0.012	0.012	0.011
0.917	80.0	28.1	54.1	42.180	44.525	44.088	0.133	0.157	0.143	0.005	0.006	0.006
1.000	80.0	28.1	54.0	42.169	44.505	44.069	0.107	0.112	0.100	0.004	0.004	0.004

ตาราง ข-25 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 6 mm ที่อุณหภูมิ 40 °C และ
ความเร็วลมร้อน 2.4 m/s

Time (h)	T _b (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	40.0	24.8	64.2	58.528	59.240	55.217	25.028	25.278	25.685	1.000	1.000	1.000
0.083	40.0	24.8	65.6	57.708	58.397	54.481	23.276	23.495	24.009	0.930	0.929	0.935
0.167	40.0	24.9	65.0	56.943	57.600	53.748	21.642	21.809	22.341	0.865	0.863	0.870
0.250	40.0	25.0	65.0	56.158	56.785	52.990	19.965	20.086	20.615	0.798	0.795	0.803
0.333	40.0	25.4	64.8	55.385	55.988	52.252	18.314	18.400	18.936	0.732	0.728	0.737
0.417	40.0	25.5	60.7	54.675	55.248	51.564	16.797	16.835	17.370	0.671	0.666	0.676
0.500	40.0	26.6	59.8	53.926	54.492	50.854	15.197	15.237	15.754	0.607	0.603	0.613
0.583	40.0	27.0	57.4	53.152	53.709	50.128	13.544	13.581	14.101	0.541	0.537	0.549
0.667	40.0	27.7	55.5	52.424	52.960	49.419	11.988	11.997	12.487	0.479	0.475	0.486
0.750	40.0	27.7	54.5	51.716	52.234	48.718	10.476	10.462	10.892	0.419	0.414	0.424
0.833	40.0	28.1	55.0	51.037	51.571	48.090	9.025	9.060	9.462	0.361	0.358	0.368
0.917	40.0	27.9	54.6	50.386	50.922	47.457	7.635	7.687	8.021	0.305	0.304	0.312
1.000	40.0	28.3	53.6	49.782	50.317	46.836	6.345	6.408	6.608	0.253	0.253	0.257
1.167	40.0	28.4	52.0	48.819	49.308	45.838	4.287	4.274	4.336	0.171	0.169	0.169
1.333	40.0	29.2	50.7	48.154	48.646	45.164	2.867	2.874	2.802	0.115	0.114	0.109
1.500	40.0	29.2	52.0	47.740	48.219	44.756	1.982	1.971	1.873	0.079	0.078	0.073
1.833	40.0	28.9	54.7	47.248	47.723	44.281	0.931	0.922	0.792	0.037	0.036	0.031
2.167	40.0	29.4	53.4	46.977	47.450	44.047	0.352	0.345	0.259	0.014	0.014	0.010
2.500	40.0	28.8	54.9	46.909	47.371	43.997	0.207	0.178	0.146	0.008	0.007	0.006
2.833	40.0	27.9	56.9	46.889	47.355	43.987	0.164	0.144	0.123	0.007	0.006	0.005

ตาราง ข-26 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 6 mm ที่อุณหภูมิ 60 °C และ
ความเร็วลมร้อน 2.4 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	60.0	22.7	72.3	56.185	51.489	56.175	25.939	25.724	25.851	1.000	1.000	1.000
0.083	60.0	22.4	72.1	54.667	49.998	54.643	22.536	22.083	22.419	0.869	0.858	0.867
0.167	60.0	22.4	72.5	53.179	48.391	53.004	19.201	18.159	18.747	0.740	0.706	0.725
0.250	60.0	22.6	72.6	51.724	46.928	51.475	15.939	14.587	15.322	0.615	0.567	0.593
0.333	60.0	22.6	72.7	50.336	45.619	50.160	12.828	11.391	12.376	0.495	0.443	0.479
0.417	60.0	22.8	72.8	49.100	44.485	48.954	10.058	8.622	9.674	0.388	0.335	0.374
0.500	60.0	23.0	72.4	48.032	43.507	47.814	7.664	6.234	7.120	0.295	0.242	0.275
0.617	60.0	23.1	71.5	47.140	42.772	46.941	5.664	4.439	5.164	0.218	0.173	0.200
0.667	60.0	23.2	71.0	46.429	42.204	46.253	4.071	3.052	3.623	0.157	0.119	0.140
0.750	60.0	23.2	70.5	45.516	41.813	45.805	2.024	2.097	2.619	0.078	0.082	0.101
0.833	60.0	23.3	70.5	45.511	41.504	45.426	2.013	1.343	1.770	0.078	0.052	0.068
0.917	60.0	23.4	71.0	45.222	41.287	45.139	1.365	0.813	1.127	0.053	0.032	0.044
1.000	60.0	23.5	69.3	45.017	41.150	44.953	0.906	0.479	0.710	0.035	0.019	0.027
1.167	60.0	23.6	68.4	44.747	41.008	44.719	0.300	0.132	0.186	0.012	0.005	0.007
1.333	60.0	23.7	68.4	44.654	40.979	44.658	0.092	0.061	0.049	0.004	0.002	0.002

ตาราง ข-27 ข้อมูลการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกขนาดความหนา 6 mm ที่อุณหภูมิ 80 °C และ
ความเร็วลมร้อน 2.4 m/s

Time (h)	T _h (°C)	T _{amb} (°C)	RH _{amb} (%)	Sample weight (g)			Moisture content (%db)			Moisture ratio		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.000	80.0	23.7	66.0	56.143	55.438	58.669	25.718	26.162	24.844	1.000	1.000	1.000
0.083	80.0	23.8	66.7	54.208	53.343	56.450	21.385	21.394	20.122	0.832	0.818	0.810
0.167	80.0	23.8	66.9	52.017	51.245	54.198	16.479	16.620	15.330	0.641	0.635	0.617
0.250	80.0	23.8	66.6	49.967	49.085	52.048	11.888	11.704	10.755	0.462	0.447	0.433
0.333	80.0	23.9	67.1	48.255	47.330	50.302	8.055	7.710	7.039	0.313	0.295	0.283
0.417	80.0	24.0	67.2	46.841	46.004	49.066	4.888	4.693	4.409	0.190	0.179	0.177
0.500	80.0	23.9	66.8	45.977	45.153	48.264	2.954	2.756	2.702	0.115	0.105	0.109
0.583	80.0	24.0	66.4	45.428	44.613	47.748	1.724	1.527	1.604	0.067	0.058	0.065
0.667	80.0	24.1	66.7	45.041	44.249	47.395	0.858	0.699	0.853	0.033	0.027	0.034
0.750	80.0	24.1	66.4	44.795	44.048	47.168	0.307	0.241	0.370	0.012	0.009	0.015
0.833	80.0	24.1	66.3	44.700	43.972	47.062	0.094	0.068	0.145	0.004	0.003	0.006

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

การสร้างกราฟมาตรฐานการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิก และกระเบื้องดินเผา

ตาราง ค-1 ข้อมูลการทดลองที่ 1 ของการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกในอุตสาหกรรม

Time (h)	$T_{h,db}$ (°C)	$T_{h,wb}$ (°C)	RH _h (%)	$T_{a,db}$ (°C)	$T_{a,wb}$ (°C)	RH _a (%)	Sample weight (g)			Moisture content (% db)			Moisture ratio			Energy Cons. (MJ)
							1	2	3	1	2	3	1	2	3	
0.00	31.2	28.5	81.8	33.0	25.1	53.1	664.2	681.6	648.5	22.7	22.2	23.5	1.00	1.00	1.00	0.0
0.33	50.0	40.9	58.0	35.0	25.2	45.6	660.7	680.1	641.8	22.1	21.9	22.2	0.97	0.99	0.95	3.6
0.67	50.0	44.4	72.5	34.7	25.0	45.8	657.1	678.4	636.3	21.4	21.6	21.2	0.94	0.97	0.90	4.7
1.00	50.2	46.0	78.9	35.0	24.3	41.6	653.7	676.3	631.6	20.8	21.2	20.3	0.91	0.96	0.86	5.8
1.33	50.3	46.3	79.8	33.7	24.2	45.9	649.6	673.7	626.0	20.0	20.7	19.2	0.88	0.94	0.82	6.8
1.67	50.5	46.0	77.6	34.0	24.1	44.3	646.4	671.4	621.9	19.4	20.3	18.5	0.85	0.92	0.78	7.6
2.00	50.3	46.3	79.8	33.3	24.1	46.9	643.3	669.4	617.8	18.9	20.0	17.7	0.83	0.90	0.75	8.6
2.33	50.3	46.8	82.2	33.6	23.3	42.1	639.0	666.5	612.0	18.1	19.4	16.6	0.79	0.88	0.70	9.7
2.67	50.3	46.9	82.7	33.7	23.6	43.1	636.1	664.7	608.0	17.5	19.1	15.8	0.77	0.86	0.67	10.8
3.00	50.3	46.6	81.2	32.6	23.1	44.8	632.6	662.5	603.3	16.9	18.7	14.9	0.74	0.85	0.63	11.9
3.50	60.2	53.1	69.3	31.8	24.1	53.2	625.4	658.8	592.6	15.6	18.1	12.9	0.68	0.82	0.55	15.1
4.00	60.1	54.2	73.9	31.1	24.1	56.3	617.6	653.8	581.9	14.1	17.2	10.8	0.62	0.78	0.46	18.0
4.50	60.0	53.4	71.2	30.6	24.2	59.3	609.8	648.8	571.3	12.7	16.3	8.8	0.56	0.73	0.37	20.5
5.00	60.4	53.0	68.3	30.2	24.0	60.1	603.4	644.3	563.1	11.5	15.5	7.3	0.51	0.70	0.31	22.7
5.50	70.3	56.1	49.9	29.6	24.0	63.1	592.5	636.8	548.8	9.5	14.1	4.5	0.42	0.64	0.19	28.1
6.00	70.2	52.0	39.8	28.9	24.0	66.9	579.2	624.0	534.9	7.0	11.8	1.9	0.31	0.53	0.08	33.5
6.50	70.1	50.3	36.2	28.8	24.0	67.4	571.0	613.2	529.3	5.5	9.9	0.8	0.24	0.45	0.03	37.4
7.00	70.1	49.4	34.2	28.3	23.7	68.4	564.1	601.6	527.1	4.2	7.8	0.4	0.19	0.35	0.02	41.4
7.50	70.3	47.5	30.0	28.3	23.4	66.5	557.2	588.7	526.2	2.9	5.5	0.2	0.13	0.25	0.01	45.0
8.00	70.3	45.1	25.5	27.5	23.0	68.5	552.3	579.2	526.0	2.1	3.8	0.2	0.09	0.17	0.01	48.6
8.50	70.5	42.5	20.9	26.5	23.0	74.5	548.6	571.8	525.9	1.4	2.5	0.2	0.06	0.11	0.01	52.2
9.00	70.4	41.2	19.0	25.6	22.6	77.6	545.8	566.5	525.7	0.8	1.5	0.1	0.04	0.07	0.01	55.8
9.50	70.2	40.1	17.5	25.6	22.9	79.7	544.3	563.4	525.7	0.6	1.0	0.1	0.02	0.04	0.01	58.7
							541.2	558.0	525.0							

ตาราง ค-2 ข้อมูลการทดลองที่ 2 ของการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกในอุตสาหกรรม

Time (h)	$T_{h,db}$ (°C)	$T_{h,wb}$ (°C)	RH _h (%)	$T_{a,db}$ (°C)	$T_{a,wb}$ (°C)	RH _a (%)	Sample weight (g)			Moisture content (% db)			Moisture ratio			Energy Cons. (MJ)
							1	2	3	1	2	3	1	2	3	
0.00	30.2	27.2	79.5	33.2	25.2	52.8	658.6	656.7	670.2	23.6	23.9	23.4	1.00	1.00	1.00	0.0
0.33	50.5	38.1	46.4	32.6	24.9	53.8	655.7	655.6	665.4	23.0	23.7	22.5	0.98	0.99	0.96	2.9
0.67	50.1	42.6	64.4	34.3	23.4	40.0	651.2	653.5	659.5	22.2	23.3	21.4	0.94	0.97	0.92	4.7
1.00	50.3	43.9	69.1	32.5	25.1	55.3	647.8	651.4	654.7	21.5	22.9	20.5	0.91	0.96	0.88	5.8
1.33	60.2	49.5	56.6	33.8	23.2	40.9	642.4	648.8	648.3	20.5	22.4	19.4	0.87	0.94	0.83	7.9
1.67	60.2	51.6	63.8	34.0	22.9	38.9	638.1	646.0	641.6	19.7	21.9	18.1	0.84	0.92	0.77	9.7
2.00	60.1	52.8	68.5	33.8	22.9	39.5	633.7	643.2	634.9	18.9	21.3	16.9	0.80	0.89	0.72	11.5
2.50	60.1	57.4	87.4	35.3	23.2	35.9	622.6	636.4	617.6	16.8	20.1	13.7	0.71	0.84	0.59	15.5
3.00	70.3	51.5	38.5	36.2	22.6	30.9	607.4	625.4	599.0	14.0	18.0	10.3	0.59	0.75	0.44	19.8
3.50	70.0	50.5	36.8	35.3	21.7	29.9	590.8	613.8	578.3	10.8	15.8	6.5	0.46	0.66	0.28	24.1
4.00	70.5	49.7	34.2	36.1	22.5	30.8	574.8	601.6	560.9	7.8	13.5	3.3	0.33	0.56	0.14	28.4
4.50	70.0	49.3	34.2	36.2	21.9	28.2	564.4	591.8	554.0	5.9	11.6	2.0	0.25	0.49	0.09	32.8
5.00	70.1	48.8	33.0	36.2	21.6	27.1	554.0	582.0	547.0	3.9	9.8	0.7	0.17	0.41	0.03	36.7
5.50	70.1	46.9	29.1	34.8	22.0	32.5	544.8	568.0	544.2	2.2	7.1	0.2	0.09	0.30	0.01	41.4
6.00	70.0	45.4	26.5	34.2	20.5	28.2	539.9	557.1	543.4	1.3	5.1	0.1	0.05	0.21	0.00	45.0
6.50	70.3	43.8	23.3	32.6	21.7	38.3	536.9	548.2	543.3	0.7	3.4	0.0	0.03	0.14	0.00	48.2
7.00	70.0	41.2	19.4	31.2	20.3	36.7	534.6	540.0	543.2	0.3	1.9	0.0	0.01	0.08	0.00	52.2
7.50	70.3	39.5	16.6	29.2	20.3	44.4	533.7	536.1	543.2	0.1	1.1	0.0	0.01	0.05	0.00	55.8
							533.0	530.1	543.1							

ตาราง ก-3 ข้อมูลการทดลองที่ 3 ของการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกในอุตสาหกรรม

Time (h)	$T_{h,db}$ (°C)	$T_{h,wb}$ (°C)	RH_h (%)	$T_{a,db}$ (°C)	$T_{a,wb}$ (°C)	RH_a (%)	Sample weight (g)			Moisture content (% db)			Moisture ratio			Energy Cons. (MJ)
							1	2	3	1	2	3	1	2	3	
0.00	28.9	26.2	81.0	32.0	25.1	57.5	672.0	671.5	663.9	24.4	23.4	24.2	1.00	1.00	1.00	0.0
0.33	50.1	39.0	50.7	33.3	24.9	50.8	668.6	670.1	658.5	23.8	23.2	23.2	0.97	0.99	0.96	3.6
0.67	60.3	48.6	53.4	31.0	24.3	57.9	663.1	667.9	650.4	22.8	22.8	21.7	0.93	0.97	0.90	6.5
1.00	70.2	54.9	47.0	32.4	24.9	54.7	658.5	664.7	641.8	21.9	22.2	20.1	0.90	0.95	0.83	10.2
1.50	70.1	52.7	41.7	33.5	22.3	37.9	644.4	654.9	620.8	19.3	20.4	16.1	0.79	0.87	0.67	14.0
2.00	70.3	51.9	39.4	33.3	23.9	46.0	628.9	644.2	599.4	16.4	18.4	12.1	0.67	0.79	0.50	18.7
2.50	70.2	51.7	39.1	35.4	23.1	35.2	614.1	633.7	580.0	13.7	16.5	8.5	0.56	0.70	0.35	23.0
3.00	70.3	51.7	38.9	35.4	22.2	31.6	598.3	622.0	561.0	10.8	14.3	4.9	0.44	0.61	0.20	27.7
3.50	70.3	50.8	36.9	35.6	21.9	29.8	586.2	612.1	548.3	8.5	12.5	2.6	0.35	0.53	0.11	32.0
4.00	70.0	49.7	35.0	34.8	23.2	37.5	573.1	600.4	540.0	6.1	10.4	1.0	0.25	0.44	0.04	36.0
4.50	70.1	49.1	33.6	33.4	22.2	37.8	561.8	587.9	536.8	4.0	8.1	0.4	0.16	0.34	0.02	40.0
5.00	70.3	46.8	28.7	33.3	22.4	39.0	552.9	574.9	535.8	2.4	5.7	0.2	0.10	0.24	0.01	43.9
5.50	70.5	44.8	24.7	33.7	22.6	38.6	547.6	565.5	535.4	1.4	4.0	0.1	0.06	0.17	0.01	47.2
6.00	70.4	42.9	21.7	34.4	22.5	35.8	544.7	558.7	535.2	0.9	2.7	0.1	0.03	0.12	0.00	50.4
6.50	70.5	41.0	18.6	34.1	21.2	31.3	542.1	552.1	535.0	0.4	1.5	0.1	0.02	0.06	0.00	54.0
7.00	70.3	39.1	16.0	32.5	20.5	33.3	540.7	548.5	534.8	0.1	0.8	0.0	0.00	0.04	0.00	58.3
							540.1	544.0	534.6							

ตาราง ก-4 ข้อมูลการทดลองที่ 4 ของการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกในอุตสาหกรรม

Time (h)	T _{h,db} (°C)	T _{h,wb} (°C)	RH _h (%)	T _{a,db} (°C)	T _{a,wb} (°C)	RH _a (%)	Sample weight (g)			Moisture content (% db)			Moisture ratio			Energy Cons. (MJ)
							1	2	3	1	2	3	1	2	3	
0.00	29.1	26.3	80.4	30.3	21.3	45.1	584.7	548.3	563.8	23.7	23.0	25.1	1.00	1.00	1.00	0.0
0.33	49.6	38.5	50.4	30.5	21.3	44.2	582.0	547.3	559.4	23.2	22.8	24.2	0.98	0.99	0.96	2.9
0.67	59.8	48.3	92.0	30.3	21.3	45.1	577.9	545.8	552.9	22.3	22.5	22.7	0.94	0.98	0.90	6.1
1.00	70.0	54.7	46.9	30.2	21.5	46.5	572.2	542.6	543.0	21.1	21.8	20.5	0.89	0.94	0.82	9.4
1.50	70.2	52.6	41.2	29.7	22.1	51.9	557.9	532.8	524.0	18.1	19.6	16.3	0.76	0.85	0.65	13.3
2.00	70.2	51.6	38.9	29.7	22.1	51.9	543.6	523.0	504.9	15.0	17.4	12.1	0.63	0.75	0.48	17.3
2.50	69.8	51.6	39.6	29.5	21.7	50.6	529.7	513.5	487.3	12.1	15.2	8.2	0.51	0.66	0.32	22.0
3.00	70.1	51.7	39.3	29.3	21.9	52.6	516.4	504.0	472.2	9.3	13.1	4.8	0.39	0.57	0.19	26.3
3.50	70.0	50.9	37.7	28.5	21.6	54.7	505.7	495.9	460.7	7.0	11.3	2.3	0.30	0.49	0.09	31.0
4.00	70.0	49.4	34.4	28.2	21.0	52.7	496.1	488.6	456.7	5.0	9.6	1.4	0.21	0.42	0.05	34.9
4.50	70.0	49.2	34.0	26.6	20.6	58.4	489.7	480.0	454.6	3.6	7.7	0.9	0.15	0.33	0.04	38.2
5.00	70.0	46.6	28.7	26.5	20.1	55.9	481.2	469.4	453.0	1.8	5.3	0.6	0.08	0.23	0.02	42.1
5.50	70.1	44.7	25.1	26.4	20.0	55.8	477.4	461.7	452.3	1.0	3.6	0.4	0.04	0.16	0.02	46.1
6.00	70.2	42.7	21.6	25.9	19.8	57.2	475.5	456.0	452.0	0.6	2.3	0.3	0.03	0.10	0.01	50.0
6.50	70.0	41.1	19.2	25.6	19.6	57.5	474.0	451.0	451.5	0.3	1.2	0.2	0.01	0.05	0.01	53.3
7.00	70.0	39.0	16.1	25.4	19.5	58.0	473.0	447.2	451.0	0.1	0.4	0.1	0.00	0.02	0.00	57.2
							472.5	445.6	450.5							

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

1. การวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square) ของสมการจลนศาสตร์ของการอบแห้งเชิงทฤษฎี

โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{1}{(2n+1)^2} \right) \exp\left(\frac{-(2n+1)^2 D \pi^2 t}{4l^2} \right) \quad (\text{ค-1})$$

ซึ่งเมื่อแทนค่า $p = 11$ และกำหนดให้ $l = 0.002$ จะได้ว่า

$$\begin{aligned} MR = & (0.8106 * \exp(-0.0061685 * D * t)) + (0.0901 * \exp(-0.0555165 * D * t)) \\ & + (0.0324 * \exp(-0.154213 * D * t)) + (0.0165 * \exp(-0.30226 * D * t)) \\ & + (0.0100 * \exp(-0.49965 * D * t)) + (0.0067 * \exp(-0.74639 * D * t)) \\ & + (0.0048 * \exp(-1.04248 * D * t)) + (0.0036 * \exp(-1.38791 * D * t)) \\ & + (0.0028 * \exp(-1.78270 * D * t)) + (0.0022 * \exp(-2.22683 * D * t)) \\ & + (0.0018 * \exp(-2.72031 * D * t)) \end{aligned}$$

วิเคราะห์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นปรากฏ (D) ได้โดยการนำมาทำการคำนวณด้วยโปรแกรม Statistica

2. การวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square) ของสมการจลนศาสตร์ของการอบแห้งกึ่งทฤษฎี

โดยมีรูปแบบสมการ

$$MR = \exp(-kt) \quad (\text{ค-2})$$

จากสมการ (ค-2) ทำการเปลี่ยนรูปสมการ

$$\ln MR = -kt$$

กำหนดให้ $y = \ln MR$

จะได้ $y = -kt$

จากทฤษฎีการวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด จะได้ว่า $\sum (-kt_i - y_i)^2$ มีค่าน้อยที่สุด นั่นคือ

$$\sum (-kt_i - y_i)^2 = 0$$

$$-k \sum t_i^2 = -\sum y_i t_i \quad (\text{ค-3})$$

ทำการแทนค่า และแก้สมการ (ค-3) จะได้ ค่า k

3. การวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square) ของสมการจลนศาสตร์ของการอบแห้งเอมไพริคัล รูปแบบสมการของ Handerson & Pabis (1969)

โดยมีรูปแบบสมการ

$$MR = A \exp(-Bt) \quad (\text{ค-4})$$

จากสมการ (ค-4) ทำการเปลี่ยนรูปสมการ

$$\ln MR = \ln A - Bt$$

กำหนดให้ $y = \ln MR$

$$a = \ln A$$

$$x = t$$

จะได้ $y = a - Bx$

จากทฤษฎีการวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด จะได้ว่า $\sum (a - Bx_i - y_i)^2$ มีค่าน้อยที่สุด นั่นคือ

$$\frac{\partial}{\partial a} (a - Bx_i - y_i)^2 = 0$$

$$ma - B \sum x_i = \sum y_i \quad (\text{ค-5})$$

และ $\frac{\partial}{\partial B} (a - Bx_i - y_i)^2 = 0$

$$a \sum x_i - B \sum x_i^2 = \sum x_i y_i \quad (\text{ค-6})$$

เมื่อ m คือ จำนวนข้อมูล

ทำการแทนค่า และแก้สมการ (ค-5) และ (ค-6) จะได้ค่า A และ B

4. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of covariance, ACOVA) เป็นการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะแบ่งตัวแปรออกเป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม และในการวิเคราะห์ทางสถิติเบื้องต้น ตัวแปรตามจะมี 1 ตัวแต่ตัวแปรอิสระอาจจะมี 1 ตัวหรือมากกว่าก็ได้ และเรียกการวิเคราะห์นี้ว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way-ANOVA) แต่ถ้าตัว

แปรอิสระมีมากกว่า 1 ตัวจะเรียกชื่อตามจำนวนตัวแปรอิสระ เช่น ตัวแปรอิสระ 2 ตัวเรียกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way-ANOVA) ซึ่งหลักเกณฑ์สำคัญที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐาน คือการแยกความแปรปรวนทั้งหมดของข้อมูลออกตามสาเหตุที่ทำให้ข้อมูลแตกต่างกัน นั่นคือแยกตามความแปรปรวน/ความผันแปรทั้งหมดของข้อมูลออกเป็น

1. ความผันแปรหรือความแตกต่างระหว่างประชากร
2. ความผันแปรหรือความแตกต่างภายในประชากรเดียวกัน

ความผันแปรทั้งหมด = ความผันแปรระหว่างประชากร + ความผันแปรภายในประชากรเดียวกัน

ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวมี ดังนี้

1. ประชากรแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงปกติ
2. ความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มเท่ากัน
3. หน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยมาจากประชากรที่เป็นอิสระแก่กัน

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนมักนำค่าสถิติต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณมาสรุปไว้ในรูปของตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนดังนี้

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม (B)	k-1	SSB	$MSB = SSB/(k-1)$	MSB/MSW	
ระหว่างกลุ่ม (W)	n-k	SSW	$MSW = SSW/(n-k)$		
รวม (T)	n-1	SST			

เมื่อ	df	คือ ระดับชั้นความเสรี
	SS	คือ ผลรวมกำลังสอง
	MS	คือ ค่ากำลังสองเฉลี่ย
	F	คือ ค่าสถิติ F หรือ Fคำนวณ
	P	คือ ความน่าจะเป็นของค่าสถิติ F
	k	คือ จำนวนกลุ่ม
	n	คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด
	MSB	คือ ผลรวมกำลังสองเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม
	MSW	คือ ผลรวมกำลังสองเฉลี่ยภายในกลุ่ม

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

1. ระดับข้อมูล-ระดับข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์จะต้องมีระดับการวัดค่าไม่ต่ำกว่ามาตราอันตรภาค
2. สมมติฐาน $-H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$
 $H_0: \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อยหนึ่งคู่ เมื่อ $i \neq j$

3. ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$F_{\text{คำนวณ}} = \frac{MSB}{MSW} ; df_1 = k-1 ; df_2 = n-k$$

4. ระดับนัยสำคัญ (α) - ตามที่กำหนด
5. การตัดสินใจ - ถ้า $F_{\text{คำนวณ}} \geq F_{\text{ตาราง}}$ ตามระดับนัยสำคัญที่กำหนดแล้ว ให้ปฏิเสธ H_0 ไม่เช่นนั้นให้ยอมรับ H_0 ในการคำนวณด้วยโปรแกรม SPSS ถ้า $F_{\text{prob.}} \leq \alpha$ แล้วให้ปฏิเสธ H_0
6. การแปลผล - ถ้าปฏิเสธ H_0 แล้ว ให้สรุปว่าค่าเฉลี่ยประชากรแตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งคู่
 - ถ้ายอมรับ H_0 แล้ว ให้สรุปว่าค่าเฉลี่ยประชากรเท่ากัน

หมายเหตุ : ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม SPSS เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way-ANOVA)

5. การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The coefficient of determination)

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ คือดัชนีที่ใช้แสดงขนาดความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปร ตามซึ่งก็คือ ฟังก์ชันในทอมของตัวแปรอิสระ จึงอาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจคือขนาดของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตามที่สามารถอธิบายด้วยตัวแปรอิสระ

ค่าของสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) แสดงโดยค่าสัดส่วนของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตามที่สามารถอธิบายด้วยตัวแปรอิสระต่อความแปรปรวนที่เกิดขึ้นทั้งหมดในตัวแปรตาม ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

ถ้าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเข้าใกล้ 0 เช่น สัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0.1 แสดงว่า 10 % ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นทั้งหมดในตัวแปรตามสามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระ (สมการถดถอย) ส่วนอีก 90% ที่เหลือควรจะเนื่องมาจากปัจจัยอื่นๆ

ถ้าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเข้าใกล้ 1 เช่น สัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0.9 แสดงว่า 90% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นทั้งหมดในตัวแปรตามสามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระ

ถ้าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0 ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นทั้งหมดในตัวแปรตามไม่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระ

ถ้าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 1 ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นทั้งหมดในตัวแปรตามสามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระ

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสามารถหาได้โดยสมการดังนี้

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n [(Y_{pr})_i - (Y_{ex})_{avg}]^2}{\sum_{i=1}^n [(Y_{ex})_i - (Y_{ex})_{avg}]^2}$$

- เมื่อ $(Y_{pr})_i$ คือ ค่าตัวแปรตามที่คำนวณได้จากสมการการวิเคราะห์แบบกำลังสองน้อยที่สุด
 $(Y_{ex})_{avg}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามที่ได้จากการทดลอง
 $(Y_{ex})_i$ คือ ค่าของตัวแปรตามที่ได้จากการทดลอง

6. ความถูกต้อง (Accuracy)

สิ่งสำคัญที่สุดในการพิจารณาเลือกเทคนิคการพยากรณ์ คือ ค่าความถูกต้องของการพยากรณ์นั้นๆ คือ ต้องการให้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด โดยความผิดพลาดของการพยากรณ์เท่ากับค่าความคลาดเคลื่อน สำหรับสถิติที่ใช้วัดความผิดพลาดของการพยากรณ์ในงานวิจัยนี้ คือค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Residual Squares: MRS) มีสมการดังนี้

$$MRS = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{N}$$

- เมื่อ y_i คือ ค่าตัวแปรตามที่ได้จากการวิเคราะห์แบบกำลังสองน้อยที่สุด
 \hat{y}_i คือ ค่าของตัวแปรตามที่ได้จากการทดลอง
 N คือ จำนวนครั้งที่ทดสอบ

ภาคผนวก จ
บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่

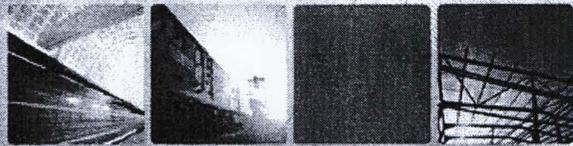


DAIKIN สถาบัน NSTDA

**การถ่ายทอด
พลังงานความร้อนและมวล
ในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ
(ครั้งที่ 10)**

และการร่วมฉลองการก้าวเข้าสู่ปีที่ 72
ของศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์

The 10th Conference on Energy,
Heat and Mass Transfer in Thermal Equipments
and Processes in Commemoration to the Pace
of the 72nd Year of Professor Dr. Prida Wibulswas



วันที่ 10-11 มีนาคม 2554
ณ โรงแรม เชียงใหม่แกรนด์วิว จังหวัดเชียงใหม่
ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบทางอุณหภาพ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
27. การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าชุมชนแก๊สชีวภาพขนาด 100 kWo ปราณี หนูทองแก้ว, จอมภพ แววศักดิ์, ชูสิทธิ์ คงเรือง และ สุภวรรณ ฏีระเวณิชกุล	145
28. การศึกษาพฤติกรรมการเชื่อมสลายของการไหลหมุนวนระหว่างการถ่ายเทความร้อนในท่อ ที่มีการติดตั้งแผ่นใบพัดคั่นท่อ พยุงเพชร ทองชุม, สมศักดิ์ เท็ชระกุล, วิชาญ คงเกียรติไพบูลย์ และ สมิทธิ์ เยี่ยมสอาด	151
29. การศึกษาระบบไมโครเวฟสำหรับหม้อต้มของฉนวนฉนวน พรเจริญ ชนะใหม่, บรรยงค์ รุ่งเรืองด้วยบุญ, ณัฐรี มากุล และ ผดุงศักดิ์ รัตนะโช	156
30. การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในการเลือกขนาดระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ พลัมภ์ รัตน์เลิศผล และ ณัฐนิ วรยศ	163
31. อิทธิพลของจำนวนครีบกาวในร่องเสาไม้รูปทรงสี่เหลี่ยมต่อกำลังและการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊ส พิสิษฐ สุธา, ชินวัชร เรียงพงษ์ และ พงษ์เจต พรหมวงษ์	170
32. การลดการใช้พลังงานในหัวเผาหม้อไอน้ำโดยใช้ระบบเก็บสะสมพลังงานความร้อน แบบกักเก็บความร้อนแบบบวมพอง ภคภค เสาร์วีระ, ณัฐนิ วรยศ, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และ ยศพงษ์ นันทพันธ์	175
33. การวิเคราะห์พลังงานและต้นทุนของการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากของเสียในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ภมร แสนสิง, ณัฐนิ วรยศ, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และ เหมื่อนจิต แจ่มศิริ	184
34. การประเมินผลกระทบของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบร่องขนานด้วยการคิดครีบกาวในหม้อต้มน้ำ กาญจนาวัฒน์ หุ่นพงษ์, กุศิศา ชัยศักดิ์พัฒนกุล และ พงษ์เจต พรหมวงษ์	190
35. ผลของความถี่อัลตราโซนิกที่มีผลต่อการผลิตน้ำมันผสมดีเซลและเมทานอลใน รูปอิมัลชันเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก วรพจน์ โพธาเจริญ, เศรษฐ์ ตัมภักตะกุล, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และ กิติพงษ์ นาคภักดิ์	196
36. การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อวัฏจักรชีวิตของการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะชุมชน วราพันธ์ มูลศรี และ เศรษฐ์ ตัมภักตะกุล	201
37. การศึกษาผลของอุณหภูมิและความเร็วลมร้อนต่อการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิก วราคม วงศ์ชัย และ อนุชา พรหมวังชวา	207
38. การประเมินก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ วราณ วิเศษสุขเกษม, เขมพร นพรัตน์, ณัฐนิ วรยศ และ เศรษฐ์ ตัมภักตะกุล	213
39. การพัฒนาห้องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบลูโมงที่มีระบบก๊าซซีโฟเออร์ชีวภาพให้ความร้อนเสริมสำหรับการ การอบแห้งผลผลิตทางเกษตร วสันต์ ปินะเต, วาสนา คำโอภาส, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, ณัฐนิ วรยศ และ ณัฐวุฒิ อุบลภู	219
40. การหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรการนักศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ วัชรพงศ์ กรงกร, ชีวันนภา กุศลวัฒน์ และ วรพจน์ อังกสิทธิ์	224

การศึกษาผลของอุณหภูมิและความเร็วลมร้อนต่อการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิก Effects of Hot Air Temperature and Velocity to Porcelain Ceramic Drying

วราคม วงศ์ชัย

อนุชา พรหมวงษ์ชา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

Tel. 089-2631445

E-mail: dolio45@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาจลนศาสตร์การอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิก โดยทำการวิเคราะห์ด้วยสมการการอบแห้งทางทฤษฎี สมการอบแห้งแบบกึ่งทฤษฎี และสมการอบแห้งแบบเอมไพริคัล พร้อมทั้งพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อน โดยรวมและค่าคงที่การอบแห้ง เป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิอบแห้งและความเร็วลมร้อน โดยทำการทดลองอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิก ขนาด $7 \times 7 \times 4 \text{ mm}^3$ ที่อุณหภูมิ $40 - 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ความเร็วลม $0.7 - 2.4 \text{ m/s}$ ความชื้นเริ่มต้นของพอร์ซเลนเซรามิกประมาณ 25% db. อดแห้งจนเหลือความชื้นสุดท้าย 3% db. จากการทดลองพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อนโดยรวมและค่าคงที่การอบแห้ง จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้ง และความเร็วลมร้อน แต่ที่ช่วงความเร็วลมร้อนสูงจะไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ รูปแบบสมการของ Arrhenius ใช้ทำนายค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อนโดยรวมได้ดีที่สุด ที่ความเร็วลมร้อนต่ำ ในส่วนของทำนายค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อนที่ความเร็วลมร้อนสูง และค่าคงที่การอบแห้งพบว่าสมการโพลีโนเมียลกำลังสอง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ดีที่สุด และรูปแบบสมการของ Henderson & Pabis สามารถใช้ทำนายการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกได้ดีที่สุด

ABSTRACT

The objective of this research is to study the drying kinetics of porcelain ceramic. Three types of drying kinetic equations were employed: theoretical model, semi-theoretical model and empirical model. Mathematical model of diffusion coefficient and drying constant were function of drying temperature and hot air velocity. Porcelain ceramics size $7 \times 7 \times 4 \text{ mm}^3$ were dried at temperature of $40 - 80 \text{ }^\circ\text{C}$ with hot air velocity $0.7 - 2.4 \text{ m/s}$. Initial moisture content was around 25% dry basis and was dried until final moisture content was 3% dry basis. It was found that the diffusion coefficient and drying constant directly related to drying temperature and hot air velocity at low-speed hot air. However, the high-speed hot air doesn't significant to diffusion coefficient and drying constant. Arrhenius equation was the best equation used for predict whole moisture diffusion coefficient at low-speed hot air. Relative prediction of the diffusion coefficient at high-speed hot air and drying constant found that quadratic polynomial was the best equation to describe the relationship. And Henderson & Pabis was the best equation used to predict drying characteristic of porcelain ceramic.

1. บทนำ

อุตสาหกรรมเซรามิกจัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญที่ภาครัฐให้การสนับสนุนและส่งเสริม เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบในประเทศเป็นส่วนใหญ่สามารถสร้างรายได้เข้าประเทศได้ถึงปีละ 20,000 ล้านบาท [1] การผลิตเซรามิกในประเทศเกือบทั้งหมดจะเป็นการผลิตเซรามิกดั้งเดิม การผลิตเซรามิกสมัยใหม่มีผู้ผลิตเพียงน้อยราย โดยจะเป็นเพียงการนำเข้าวัตถุดิบสำเร็จรูปจากต่างประเทศมาผลิตเท่านั้น ยังไม่มีการผลิตแบบครบวงจรและต้องพึ่งพาเทคโนโลยี

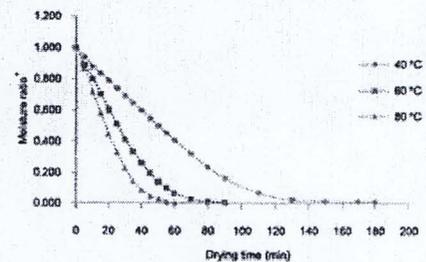
จากบริษัทแม่เป็นหลัก พอร์ซเลนเป็นเซรามิกประเภทหนึ่งที่มีราคาแพง โดยมีลักษณะเนื้อสีขาว เคลือบผิวเป็นมัน โปร่งแสง มีความแข็งแรงเหมือนแก้ว ไม่ดูดซึมน้ำ เตาจะมีเพียงตั้งกังวาน ส่วนผสมของเนื้อดินที่ใช่ คือ ดินขาว ดินเหนียวหรือบอลเคลย์ ดินโซนาโตน แร่ฟันม้า และแร่ควออร์ซ ผลิตภัณฑ์พอร์ซเลนโดยทั่วไปได้แก่ ถ้วยกาแฟ จาน ช้อน เป็นต้น

ในกระบวนการผลิตพอร์ซเลนเซรามิกส่วนใหญ่ขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ (Casting) โดยใช้แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ซึ่งทำให้มี

แปรปรวน (ANOVA) เพื่อตรวจสอบว่า อุณหภูมิและความเร็วลมร้อน เป็นตัวแปรที่มีผลต่อค่า D_p , k และ B จากนั้นนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์แบบจำลองในรูปแบบสมการ Arrhenius เอกโพเนนเชียล และโพลีโนเมียลกำลังสอง โดยการวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

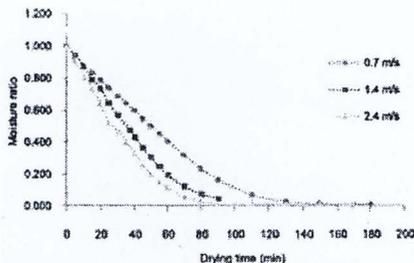
จากการทดลองของห้องพอร์ซเลนเซรามิกด้วยอากาศร้อน พบว่าในช่วง 40 นาทีแรกของกระบวนการอบแห้ง ความชื้นของพอร์ซเลนเซรามิกจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความชื้นสูงเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการถ่ายเทมวลของความชื้นจากภายในไปที่ผิวและระเหยไปสู่อากาศ หลังจากนั้นความชื้นจะขึ้นตัวอย่างเหลืออยู่น้อยทำให้การเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในไปที่ผิวลดลงและใช้เวลานานเป็นผลให้อัตราการอบแห้งลดลง จากรูปที่ 2 จะเห็นว่ากราฟเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลามีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง แสดงว่าสัมพันธ์การแพร่ความชื้นโดยรวมเป็นฟังก์ชันกับความชื้น นอกจากนี้ยังพบว่าที่อุณหภูมิสูงสามารถลดความชื้นของพอร์ซเลนเซรามิกได้เร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศร้อนกับพอร์ซเลนเซรามิก ดังนั้นอัตราการถ่ายเทความร้อนจึงมีค่าสูงกว่า ทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิตัวกลางระเหยน้ำได้เร็วกว่า โดยระยะเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40, 60, 80 °C และความเร็วมร้อนคงที่ 0.7 m/s เพื่อให้ได้ความชื้นสุดท้าย 3% มาตราฐานแห้ง เท่ากับ 110, 55 และ 40 นาที ตามลำดับ



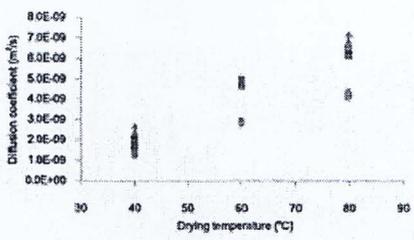
รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่อุณหภูมิอบแห้ง 40, 60, 80 °C และความเร็วมร้อนคงที่ 0.7 m/s

ในส่วนของความเร็วมร้อนจะเห็นว่า เมื่อความเร็วมร้อนเพิ่มขึ้นจะสามารถลดความชื้นในพอร์ซเลนเซรามิกได้เร็วกว่าที่ความเร็วมร้อนต่ำ เนื่องจากที่ความเร็วมร้อนสูงจะสามารถพัดความชื้นออกจากผิววัตถุได้เร็วกว่าที่ความเร็วมร้อนต่ำ ดังรูปที่ 3

อุณหภูมิและความเร็วมร้อนมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวม โดยเมื่ออุณหภูมิและความเร็วมร้อนเพิ่มขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวมก็จะเพิ่มขึ้นตามดังรูปที่ 4 และ 5

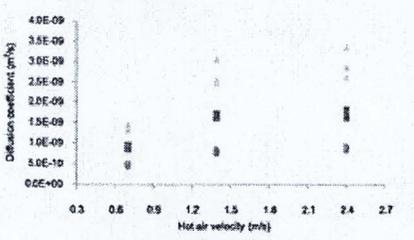


รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ความเร็วมร้อน 0.7, 1.4, 2.4 m/s และอุณหภูมิอบแห้งคงที่ 40 °C



Hot air velocity 0.7 m/s Hot air velocity 1.4 m/s Hot air velocity 2.4 m/s

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวม ที่ได้จากการทดลองของกระบวนการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกกับอุณหภูมิอบแห้ง



Drying temperature 40 °C Drying temperature 60 °C Drying temperature 80 °C

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวม ที่ได้จากการทดลองของกระบวนการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกกับความเร็วมร้อน

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ค่าความแปรปรวน (ANOVA) พบว่าในช่วงความเร็วมร้อน 0.7 – 1.4 m/s อุณหภูมิและความเร็วมร้อน มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวมและค่าคงที่การอบแห้ง โดยเมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวมและค่าคงที่การอบแห้งก็จะเพิ่มขึ้นไปด้วย แต่ในช่วงความเร็วมร้อน 1.4 – 2.4 m/s มีเฉพาะอุณหภูมิเท่านั้นที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น

210 การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวล
ในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ
(ครั้งที่ 10)

โดยรวมและค่าคงที่การอบแห้ง แต่ความเร็วลมร้อนไม่มีผลกระทบต่อ
อย่างมีนัยสำคัญ

ทำการพัฒนาแบบจำลองของค่า D_{eff} , k และ B จากสมการ
(2), (3) และ (4) ในรูปแบบสมการ Arrhenius เอกโพเนนเชียล และโพลี
โนเมียล โดยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การทดลองที่น้อยที่สุด ได้ผลดัง
ตารางที่ 1, 2 และ 3

ตารางที่ 1 แสดงสมการแบบจำลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อน
โดยรวม (D_{eff})

Hot air velocity (m/s)	Model No.	Diffusion model	R ²
0.7 - 1.4	1	$D_{eff} = (8.9171v + 5.0551) \times 10^{-6} \exp(-23.181/T)$	0.888
	2	$D_{eff} = (-2.4968 + 1.605v) \times 10^3 + (8.74877 + 1.7406vT) \times 10^{-10} - 7.5498v^3 \times 10^{-3} - 1.60027^2 \times 10^{-12}$	0.765
1.4 - 2.4	3	$D_{eff} = 1.293 \times 10^{-5} \exp(-22.184/T)$	0.868
	4	$D_{eff} = (1591.1 - 8.7351T - 0.011449T^2) \times 10^{-10}$	0.974

ตารางที่ 2 แสดงสมการแบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งแบบกึ่งทฤษฎี (k)

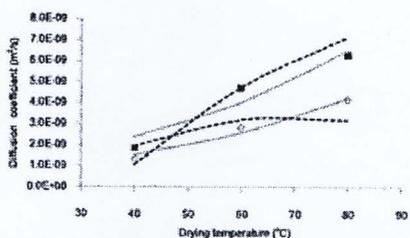
Hot air velocity (m/s)	Model No.	Drying constant (k) model	R ²
0.7 - 1.4	5	$k = (10.908v + 6.7304) \times 10^{-4} \exp(-2.6513 \times 10^3/T)$	0.897
	6	$k = (-0.58919 + 1.2625v) \times 10^4 + (131.517 + 8.6694vT) \times 10^{-4} - 6.0121v^2 \times 10^{-3} - 1.85507^2 \times 10^{-5}$	0.984
1.4 - 2.4	7	$k = 1.7673 \exp(-2.5621 \times 10^3/T)$	0.879
	8	$k = (-272.62 + 1.4922T) \times 10^{-4} - (1.94197^2 \times 10^{-3})$	0.975

ตารางที่ 3 แสดงสมการแบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งแบบเอมไพริคัล
(B) รูปแบบสมการของ Hendersan & Pabis

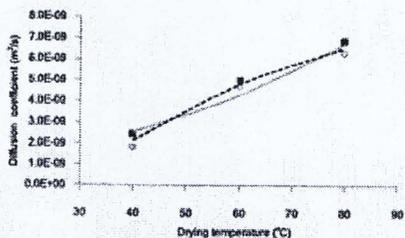
Hot air velocity (m/s)	Model No.	Drying constant (B) model	R ²
0.7 - 1.4	9	$B = (9.4865v + 6.9712) \times 10^{-1} \exp(-2.3911 \times 10^3/T)$ $A = 1.0778$	0.900
	10	$B = (0.6198 - 1.3262v) \times 10^4 + (149.927 + 2.4718vT) \times 10^{-4} + 6.3247v^2 \times 10^{-3} - 2.1117^2 \times 10^{-7}$ $A = 1.0778$	0.984
1.4 - 2.4	11	$B = 1.5274 \exp(-2.492 \times 10^3/T)$ $A = 1.0732$	0.884
	12	$B = (-285.97 + 1.5977T) \times 10^{-4} - (12.0469T^2 \times 10^{-3})$ $A = 1.0732$	0.977

จากรูปที่ 6 และ 7 แสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์การแพร่
ความร้อนโดยรวม ขึ้นกับค่าอุณหภูมิอบแห้งและความเร็วลมร้อน โดย
ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อนโดยรวมจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิ
อบแห้งและความเร็วลมร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ที่ความเร็วลมร้อนในช่วง

1.4 - 2.4 m/s ในรูปที่ 7 ผลของความเร็วมร้อนไม่มีผลต่อค่า
สัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อนโดยรวม



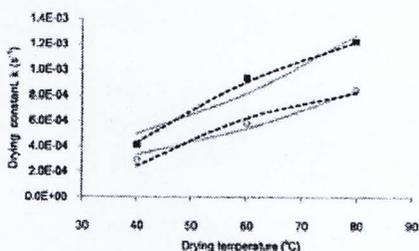
รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อน
โดยรวมที่ได้จากการทดลอง และแบบจำลองของกรอบอบแห้ง ที่
ความเร็วลมร้อนช่วง 0.7 - 1.4 m/s



รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อน
โดยรวมที่ได้จากการทดลอง และแบบจำลองของกรอบอบแห้ง ที่
ความเร็วลมร้อนช่วง 1.4 - 2.4 m/s

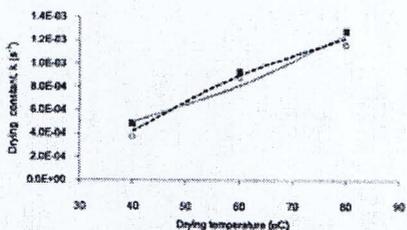
จากรูปที่ 8 และ 9 แสดงให้เห็นว่าค่าคงที่การอบแห้งแบบ
กึ่งทฤษฎี ขึ้นกับค่าอุณหภูมิอบแห้งและความเร็วลมร้อน โดยค่า
ค่าคงที่การอบแห้งแบบกึ่งทฤษฎีจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิอบแห้งและ
ความเร็วลมร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ที่ความเร็วลมร้อนในช่วง 1.4 - 2.4
m/s ในรูปที่ 9 ผลของความเร็วมร้อนไม่มีผลต่อค่าคงที่การอบแห้ง
แบบกึ่งทฤษฎี

การถ่ายเทพลังงานความร้อนแบบมวล
ในอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบท่อ-ขบวนการ
(ครั้งที่ 10)



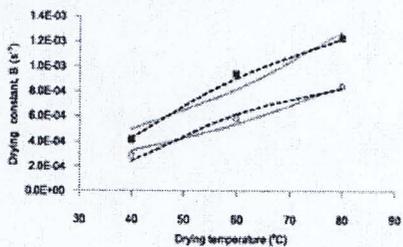
○ Experiment 0.7 m/s ■ Experiment 1.4 m/s — Model 5 - - - - Model 6

รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การอบแห้งแบบกึ่งทฤษฎีที่ได้จากการทดลอง และแบบจำลองของการอบแห้ง ที่ความเร็วลมร้อนช่วง 0.7 – 1.4 m/s



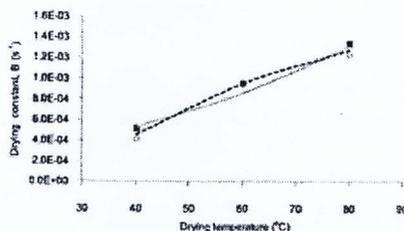
○ Experiment 1.4 m/s ■ Experiment 2.4 m/s — Model 7 - - - - Model 8

รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การอบแห้งแบบกึ่งทฤษฎีที่ได้จากการทดลอง และแบบจำลองของการอบแห้ง ที่ความเร็วลมร้อนช่วง 1.4 – 2.4 m/s



○ Experiment 0.7 m/s ■ Experiment 1.4 m/s — Model 9 - - - - Model 10

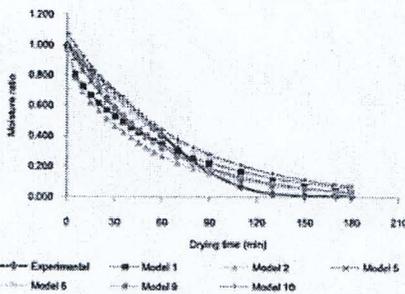
รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การอบแห้งแบบเอมไพริกัลรูปแบบสมการของ Henderson & Pabis ที่ได้จาก การทดลอง และแบบจำลองของการอบแห้ง ที่ความเร็วลมร้อนช่วง 0.7 – 1.4 m/s



○ Experiment 1.4 m/s ■ Experiment 2.4 m/s — Model 11 - - - - Model 12

รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การอบแห้งแบบเอมไพริกัลรูปแบบสมการของ Henderson & Pabis ที่ได้จาก การทดลอง และแบบจำลองของการอบแห้ง ที่ความเร็วลมร้อนช่วง 1.4 – 2.4 m/s

จากรูปที่ 10 และ 11 แสดงให้เห็นว่าค่าคงที่การอบแห้งแบบเอมไพริกัล ขึ้นกับค่าอุณหภูมิอบแห้งและความเร็วลมร้อน โดยค่าคงที่การอบแห้งแบบเอมไพริกัล จะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิอบแห้งและความเร็วลมร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ที่ความเร็วลมร้อนในช่วง 1.4 – 2.4 m/s ในรูปที่ 11 ผลของความเร็วลมร้อนไม่มีผลต่อค่าคงที่การอบแห้งแบบเอมไพริกัล



รูปที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นจากการทดลองแบบจำลองการอบแห้งทางทฤษฎี ทั้งทฤษฎี และเอมไพริกัลรูปแบบสมการของ Henderson & Pabis ที่อุณหภูมิอบแห้ง $40\text{ }^{\circ}C$ และความเร็วลมร้อน 0.7 m/s

รูปที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นจากการทดลองและแบบจำลองการอบแห้งทางทฤษฎี (Model 1, 2) แบบจำลองการอบแห้งแบบกึ่งทฤษฎี (Model 5, 6) และแบบจำลองการอบแห้งแบบเอมไพริกัลรูปแบบสมการ Henderson & Pabis (Model 9, 10) ที่อุณหภูมิอบแห้ง $40\text{ }^{\circ}C$ และความเร็วลมร้อน 0.7 m/s พบว่า แบบจำลองการอบแห้งแบบกึ่งทฤษฎีและแบบจำลองการอบแห้งแบบเอมไพริกัลรูปแบบสมการ Henderson & Pabis สามารถทำนายอัตราส่วนความชื้นได้ดีกว่าแบบจำลองการอบแห้งทางทฤษฎี เนื่องจากแบบจำลองทางทฤษฎี กำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นมีค่าเท่ากันตลอดช่วงการอบแห้ง แต่ในการทดลองอุณหภูมิ

ของพอร์ซเลนเซรามิกจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ทำให้ทำนายอัตราการ
อบแห้งได้ไม่เที่ยง ในส่วนของสมการ Hendersan & Pabis จะสามารถ
อธิบายได้ดีที่สุดเนื่องจากมีค่า R^2 ที่สูงกว่ารูปแบบอื่น

4. สรุป

จากการศึกษาจลนศาสตร์การอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกพบ
ว่า อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้งและความเร็วลม
วียน และในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อนโดยรวมและ
ค่าคงที่การอบแห้งก็มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้ง และเพิ่มขึ้นตาม
ความเร็วลมวียนเช่นกัน แต่ที่ความเร็วลมวียนมากกว่า 1.4 m/s จะไม่
มีผลกระทบ รูปแบบสมการของ Arrhenius ใช้ทำนายค่าสัมประสิทธิ์
การแพร่ความร้อนโดยรวมได้ดีที่สุดที่ความเร็วลมวียนต่ำ ในส่วนของ
การทำนายค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อนที่ความเร็วลมวียนสูง และ
ค่าคงที่การอบแห้งพบว่าสมการโฟลโตโนเมียลค่าคงที่สอง สามารถอธิบาย
ความสัมพันธ์ได้ดีที่สุด และถึงพบว่ารูปแบบสมการของ Hendersan &
Pabis สามารถใช้ทำนายการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิกได้ดีที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสถาบันวิจัยและ
พัฒนาพลังงาน นครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุน
โครงการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. [ระบบออนไลน์].
แหล่งที่มา <http://www.dft.go.th/index.asp?solution=800>
- [2] Denis A. Brosnan and Gilbert C. Robinson, (2003).
Introduction to Drying of Ceramics: With Laboratory Exercise.
American Ceramic Society, USA, Page 2
- [3] ศักดิ์พล เทียนเสมอ, เอกสารประกอบการเรียนวิชา Ceramic
Technology. ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] Saber Chemkhi, Felhi Zagrouba, (2005). Water diffusion
coefficient in clay material from drying data, Institut National de
Recherche Scientifique et Technique, Tunisia.
- [5] Crank, J. (1975). The Mathematics of Diffusion. Clarendon
Press, Oxford.
- [6] พดุมภ์ กาญจนานา, (2549). การวิเคราะห์พหามิตเตอร์ของการ
อบแห้งกระดาษสา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [7] สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, (2540). การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหาร
บางประเภท, คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายวราคม วงศ์ชัย
วันเดือนปีเกิด	11 ตุลาคม พ.ศ. 2526
ประวัติการศึกษา	<p>สำเร็จการศึกษาประถมศึกษา จากโรงเรียนชุมชนบ้านศรีดอนชัย จังหวัดเชียงราย ปีการศึกษา 2538</p> <p>สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนชุมชนบ้านศรีดอนชัย จังหวัดเชียงราย ปีการศึกษา 2541</p> <p>สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเชียงของวิทยาคม จังหวัดเชียงราย ปีการศึกษา 2544</p> <p>สำเร็จการศึกษาระดับปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2548</p>

