

규산알루미늄산마그네슘의 합성조건과 유동학적 특성

신화우* · 정동훈
원광대학교 약학대학

(Received December 23, 1994)

Synthesis Conditions and Rheological Characteristics of Aluminum Magnesium Silicate

Wha Woo Shin* and Dong Hoon Chung

College of Pharmacy, Won Kwang University, Iri 570-749, Korea

Abstract – Aluminum magnesium silicate was synthesized by reacting the mixed solutions of sodium aluminate and magnesium chloride with sodium silicate solution in this study. The optimal synthesis conditions based on the yield of the product has been attained according to Box-Wilson experimental design. It was found that the optimal synthetic conditions of aluminum magnesium silicate were as follows: Reaction temperature = 69~81°C; concentration of two reactants, sodium aluminate and magnesium chloride = 13.95~14.44 w/w%; molar concentration ratio of the two reactants, $[NaAlO_2]/[MgCl_2] = 3.63 \sim 4.00$; reaction time = 12~15 min; drying temp. of the product = 70~76°C. Aluminum magnesium silicate synthesized under the optimal synthesis condition was dispersed in 0.75, 1.0 and 1.5 w/w% aqueous solution or suspension of six dispersing agents, and the rheological properties of the dispersed systems prepared have been investigated at 15°C and 25°C using Brookfield LVT Type Viscometer. The acid-consuming capacity of the most excellent product was 272~278 ml of 0.1N-HCl per gram of the antacid. The flow types of 5.0 w/w% aluminum magnesium silicate suspension were dependent upon the kind and concentration of dispersing agents added. The apparent viscosity of the suspension was generally increased with concentration of dispersing agents and was not significantly changed or decreased as the temperature was raised. A dispersing agent, hydroxypropyl cellulose suspension, exhibited an unique flow behavior of antithixotropy. The flow behavior of the suspension dispersed in a given dispersing agent not always coincided with that of the dispersing agent solution or suspension itself.

Keywords □ Synthesis of aluminum magnesium silicate, Box-Wilson experimental design, acid-consuming capacity, rheological properties.

규산알루미늄산마그네슘(Aluminum magnesium silicate, $2MgO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot xH_2O$) (이하 AMS로 약칭기로 함)의 제조에 관한 연구로 Yokoi¹⁾ 등은 Na silicate(380 kg)와 Na_2SO_4 (45 kg)를 물에 용해하고 이 용액을 40°C로 가열하고 10% H_2SO_4 (370 l)을 가하여 1시간 방치한 다음 Na aluminate(540 kg) 용액을 가하고 다음에 $MgCl_2$ (204 kg) 용액을 가하여 얻은 침전을 여과 후 200~215°C에서 건조하여 조성이 Al_2O_3 29.2, MgO 11.5, SiO_2 29.6, 강열감량 27.1%이고 생산력이 0.1N-HCl 208 ml/g인 AMS를 제조하였다.

Hoffman²⁾은 32.5% NaOH(197.5 kg) 용액을 Na silicate(19.0 kg) 용액과 혼합한 다음 $Al_2(SO_4)_3$ (36.0 kg) 용액을 교반하에 30분간에 걸쳐서 가하고 30분 동안 교반 후 $MgSO_4$ (51.0 kg) 용액을 가하고 24시간 방치하여 얻은 현탁액을 여과·수세한 후 75~80°C에서 건조하여 조성이 Al_2O_3 23.4, MgO 46.0, SiO_2 17.5%이고 생산력이 0.1N-HCl 240~260 ml/g인 Mg aluminosilicate를 제조하였다.

Fuji Kagaku Kogyo Co.³⁾는 Na silicate(417 kg) 용액을 85°C에서 $Al_2(SO_4)_3$ (140 kg) 용액과 혼합하고 1시간 교반 후 30°C로 냉각하고 $MgCl_2$ (202 kg) 용액,

* 본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로.

Na aluminate(349 kg) 용액 및 NaOH(4.8 kg) 용액을 혼합하고 1시간 동안 교반하여 얻은 침전을 여과·수세한 후 100°C 이하에서 건조하여 조성이 Al_2O_3 27.2, MgO 10.8, SiO_2 31.6 및 H_2O 9.8%의 Mg aluminosilicate를 제조하였다.

Nippon Chemical Industrial Co.⁴⁾는 Na silicate와 NaOH를 물에 용해시킨 후 70°C로 가열하고 $AlCl_3$ 용액을 서서히 가하여 Al silicate 침전을 얻고 진한 해수 모액과 NaOH 용액을 가해 얻은 현탁액을 여과·수세한 후 건조하여 Mg aluminosilicate를 제조하였고, Fuji Chemical Industry⁵⁾는 $Al_2(SO_4)_3$ (138 kg) 용액에 NaOH(90 kg)를 서서히 가하고 교반 후 Na silicate(80 kg) 용액을 가하여 Na Al silicate의 침전을 얻고 여기에 $MgCl_2$ (84 kg) 용액을 가해 AMS의 침전을 얻어 여과·수세한 후 100°C 이하에서 건조하여 제산력이 0.1N-HCl 200~260 ml/g인 의약품 AMS를 제조하였다.

일양약품⁶⁾에서는 45% NaOH(62 kg) 용액과 Na_2CO_3 (15 kg)을 합성조에 넣고 $Al(OH)_3$ (44 kg)을 교반하에 가하고 110°C로 가온하여 4시간 반응시키고 실온으로 방냉한 후 물을 가하여 Al_2O_3 19.0, Na_2O 19.5%로 되게 농도를 조절한 다음 여과하여 Na aluminate를 여액으로 얻는다. Na aluminate 용액의 액량을 조절한 액에 별도로 만든 Na silicate(50 kg) 용액을 반응시켜 Na Al silicate의 백탁액을 만들고 여기에 $MgCl_2$ (99 kg) 용액을 가해 AMS의 침전을 얻어 여과·수세한 후 70~80°C로 건조하여 조성이 Al_2O_3 28.5, MgO 22.1, SiO_2 17.5%이고 제산력이 0.1N-HCl 271 ml/g인 AMS를 제조하였다.

그밖의 연구로서 Schneckbruger,⁷⁾ Tuderman,⁸⁾ Fuji,^{9,10)} Kim,¹¹⁾ Kaku¹²⁾ 등은 제산제로서의 AMS의 산중화능력을 평가하였고, Fuji Co.¹³⁾에서는 AMS의 약리, 안전성 및 임상실험의 결과에 대해 보고하였다.

본 연구에서 시료의 1종으로 사용한 시판 AMS 함유 현탁액 제산제에는 주성분인 AMS 이외에 안정화제로서 glycerin과 silicon수지, 감미제로서 D-mannitol, 현탁화제로서 HPC와 Veegum, 방향제로서 박하유와 orange essence 등을 함유하고 있다.

현탁화제를 첨가시킨 젤상의 제산제의 유동학적 성질에 관한 보고는 별로 없다. Ciullo¹⁴⁾는 magnesium aluminum silicate(MAS)를 gum tragacanth 수용액에 현탁시킨 분산계의 유동학적 특성에 관한 연구에서

MAS: gum tragacanth의 무게비가 9:1~2:1의 범위에서 gum tragacanth가 우수한 현탁화제로서 작용한다고 보고하였다.

신 등¹⁵⁾은 콜로이드 $AlPO_4$ 는 요변성을 수반하는 소성유동을, 현탁제로서 pectin과 agar을 사용하는 경우에는 antithixotropy를 수반하는 소성유동을, 그리고 Na alginate와 Na CMC를 사용하는 경우에는 요변성을 수반하는 소성유동을 각각 나타낸다고 보고하였다.

본 연구에서 저자는 Na aluminate, Na silicate 및 $MgCl_2$ 를 원료로 1) 반응액의 온도, 2) 반응액의 농도, 3) 혼합비율 $NaAlO_2/MgCl_2$, 4) 작용시간 및 5) 건조 온도를 합성요인으로 하여 Box-Wilson 실험계획법^{16,17)}에 의하여 AMS의 최적합성조건을 추구하였다. 또한 본 연구에서는 최적합성조건하에서 제조한 AMS를 cellulose 유도체인 Na CMC와 hydroxypropyl cellulose, 합성점토의 1종인 Veegum, 천연고무류인 agar, pectin, Na alginate를 현탁화제로서 사용하여 제조한 현탁액의 유동학적 특성을 시험하여 얻은 결과를 보고하는 바이다.

실험방법

시약— 사용한 시약으로 Na aluminate(Junsei Chemical Co., Ltd), Na silicate(신홍규산소다 공업사), magnesium chloride(Kanto Chemical Co., Ltd), pectin(Fluka Chemical AG), Na alginate(Junsei Chemical Co., Ltd), Na CMC(Hayashi Pure Chemical Industries Ltd), agar(Hayashi Pure Chemical Industries Ltd), hydroxypropyl cellulose(Klucel[®], Hercules), Veegum[®](R.T. Vanderbilt Co.)를 사용하였다.

기타 시약은 대한약전 제품 또는 일급시약을 사용하였다.

기기— 모든 현탁액과 용액은 Waring Commercial Blender(Model 31 L41)를 사용하여 제조하였다. 걸보기 점도는 Brookfield Viscometer(Model LVT, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Sougton, Mass., U.S.A.)를 사용하여 측정하였다.

Aluminum Magnesium Silicate의 합성실험계획— 본 실험에 있어서 합성요인으로 채택한 것은 ① 반응액의 온도(t), ② 반응액의 농도(c), ③ 혼합비율

Table I—Each level of synthetic conditions

Factors	Division		Symbol
	1	2	
Temp. of Reactant Soln. (°C)	25	95	t
Concn. of Reactant Soln. (%)	10	20	c
Mole Ratio [NaAlO ₂]/[MgCl ₂]	2	4	r
Reacting Time (min)	5	15	v
Drying Temp. (°C)	60	100	d

Table II—Experimental design by orthogonal array table

Exp. No.	Factors					
	t	c	r	v	d	
I	1	1	2	1	2	
II	2	1	1	1	1	
III	1	2	1	1	2	
IV	2	2	2	1	1	
V	1	1	2	2	1	
VI	2	1	1	2	2	
VII	1	2	1	2	1	
VIII	2	2	2	2	2	

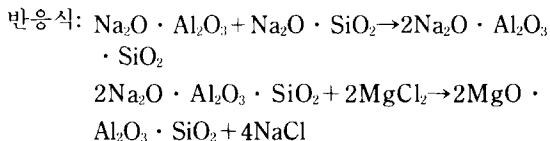
t: Temp. of reactant soln. (°C), v: Reacting time (min.)
c: Concn. of reactant soln. (%), d: Drying temp. (°C)
r: Mole ratio [NaAlO₂/MgCl₂]

NaAlO₂/MgCl₂ (r), ④ 작용시간(v) 및 ⑤ 건조온도(d)의 5종이며 각 요인을 다시 두 수준으로 나누어서 합성실험을 행하였다. 이 경우에 조건의 모든 조합에 대해서 2⁵=32회를 요하는 것이지만 실험회수를 감소시키고 거의 동등한 효과를 얻는 방법으로서 직교배열표를 이용하였다.

요인 t, c, r, v, d 등의 두 수준을 각각(t₁, t₂), (c₁, c₂), (r₁, r₂), (v₁, v₂), (d₁, d₂) 등으로 표시하여 직교배열표에 따라서 각 수준의 조합을 표시하면 다음 Table I 및 Table II와 같다.

Aluminum Magnesium Silicate의 합성방법—Na aluminate 용액을 교반기를 장치한 비이커에 넣어 가열하고 일정속도로 교반하면서 10% Na silicate 용액을 보온-갈대기를 통해 작용 후 별도로 미리 예열한 MgCl₂ 용액을 보온-갈대기상에서 Na aluminate 용액과 동일 온도로 하여 Na Al silicate 용액을 일정속도로 교반하면서 MgCl₂ 용액을 주가 반응시켰다. 주가가 끝난 다음 1분간씩 교반 후 생성된 침전을 실온으로 정치 냉각한 다음 가급적 동일량의 세척수로 동일회 세척하여 Cl⁻의 반응이 없을 때까지 하여 흡

인여과, 침전을 소요온도로 향량이 될 때까지 건조하여 약질구에서 연마·분쇄하였으며 그 무게를 달아 수득량으로 하였다.



제산도 시험—의약품 기준 및 시험방법 제1개정에 의한 제산도 측정법은 다음과 같다.

이 약을 건조하여 그 약 0.1 g을 정밀하게 달아 유리마개 삼각플라스크에 넣고 0.1N 염산 50 ml를 가하여 마개를 막고 약 37±1°에서 1시간 동안 흔들어 섞는다. 필요하면 여과하고 수세한다. 여액 및 세액을 합하여 과량의 염산을 0.1N 수산화나트륨액으로 적정한다(지시약: 브롬페놀블루시액 5방울).

겉보기 점도 측정법¹⁸⁾—시료 180 ml를 지름 5 cm, 높이 11 cm인 눈금실린더에 넣고 측정하고자 하는 일정온도의 항온조에 담근다. 적절한 helipath spindle을 선택하여 Viscometer에 부착시키고 시료표면이 spindle의 표선과 일치하도록 Viscometer의 높이를 조절한다. 10분간 방치함으로써 시료의 온도가 열평형에 도달하게 한다. Viscometer의 switch를 켜고서 spindle의 회전속도를 0.3, 0.6, 1.5, 3, 6, 12, 30 rpm의 순으로 증가시켜 가면서 눈금을 읽은 후 30 rpm에서 12, 6, 3, 1.5, 0.6, 0.3 rpm의 순으로 spindle의 회전속도를 감소시켜 가면서 눈금을 읽는데 rpm 변경은 spindle이 1회전한 후에 실시한다. 눈금의 수치는 spindle number에 고유한 계수를 곱해 줌으로써 apparent viscosity(cps)로 환산한다.

Dial reading × Factor = Viscosity in centipoise

3.0 w/w%의 현탁화제 수용액 또는 현탁액 원액의 제조—80°C로 가온한 증류수 582 ml를 blender에 붓고 여기에 분산제 18 g을 가한 후 일정한 전압과 500 rpm에서 5분간 교반함으로써 제조하고 -5°C에서 보관한다.

0.75, 1.0, 1.5 w/w%의 현탁화제 수용액 또는 현탁액에 현탁시킨 5.0 w/w% Aluminum Magnesium Silicate 현탁액의 제조—2x w/w%의 현탁화제 수용액 또는 현탁액 150 ml를 blender에 붓고 10 w/w% AMS 150 ml를 가한 다음 일정한 전압과 500 rpm에서 2분간 교반하여 혼합함으로써 x w/w%의 현탁화제

Table III—Experimental results by various experimental designs

Exp. No.	Factors	t	c	r	v	d	Yield (g)	
							Each	Average
I	1						30.08	29.42
	2	1	1	2	1	2	29.16	
	3						29.02	
II	4						28.90	27.88
	5	2	1	1	1	1	27.16	
	6						27.98	
III	7						24.70	24.88
	8	1	2	1	1	2	25.26	
	9						24.68	
IV	10						32.36	32.56
	11	2	2	2	1	1	32.50	
	12						32.82	
V	13						32.50	32.60
	14	1	1	2	2	1	32.04	
	15						33.26	
VI	16						29.40	29.48
	17	2	1	1	2	2	30.30	
	18						28.74	
VII	19						28.18	28.02
	20	1	2	1	2	1	27.56	
	21						28.32	
VIII	22						31.76	31.60
	23	2	2	2	2	2	31.18	
	24						31.88	

t: Temp. of reactant soln. (°C), v: Reacting time (min.), c: Concn. of reactant soln. (%), d: Drying temp. (°C), r: Mole ratio [NaAlO₂]/[MgCl₂]

Table IV—Units of step

Factors	t	c	r	v	d
Zero Point	60	15	3	10	80
Class	35	5	1	5	20
Coefficient(b')	0.84	-0.3	1.98	0.86	-0.72
Class x b'	29.4	-1.5	1.98	4.3	-14.4
Unit by t=1	1	-0.05	0.067 ± 0.07	0.146 ± 0.2	-0.489 ± -0.5

t: Temp. of reactant soln. (°C) v: Reacting time (min.) c: Concn. of reactant soln. (%) d: Drying temp.(°C)
r: Mole ratio [NaAlO₂]/[MgCl₂]

수용액 또는 현탁액에 현탁된 5.0 w/w% AMS 현탁액 300 ml를 제조한다.

결과 및 고찰

Aluminum Magnesium Silicate의 합성 실험 결과

—합성 실험 계획 및 합성방법에 의해서 각종 제품을

합성하여 수득량을 측정된 결과는 다음 Table III와 같다.

실험계획에 의한 5요인 t, c, r, v, d와 수득량이 1차 방정식의 함수관계를 만족시키는 것으로 가정하면 다음 (1)식이 성립된다.

$$Y = b_0 + b_1t + b_2c + b_3r + b_4v + b_5d \tag{1}$$

따라서 본 실험결과에 의해서 $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ 를 구하는 것이 당면의 목적인 바, 실험조건으로서 Table I에 표시한 각 요인의 두 수준의 조합에 의해서 실험했으므로 상기 6원 1차 방정식을 풀 수는 있지만 대단히 복잡하므로 조건으로 선택한 수치를 변수전환을 시키기 위한 방침으로서 간략화하면

1 원점은 두 수준의 중앙에 두고 이를 0으로 표시한다.

2 각 수준과 원점과의 거리는 두 수준 간격의 1/2을 척도로 하여 계산한다.

$$T = \frac{t-60}{35}, \quad C = \frac{c-15}{5}, \quad R = \frac{r-3}{1},$$

$$V = \frac{v-10}{5}, \quad D = \frac{d-80}{20} \quad (2)$$

(2)식에 의해서 T, C 등의 두 수준은 낮은 편이 각각 -1, 높은 편이 각각 1이라고 하여 변환하면 (1)식도 따라서 변환되어 (3)식이 된다.

$$Y = b_0' + b_1'T + b_2'C + b_3'R + b_4'V + b_5'D \quad (3)$$

이상을 요약하고 정규방정식을 풀어 (3)식에 대입하면

$$Y = 29.57 + 0.84T - 0.3C + 1.98R + 0.86V - 0.72D \quad (4)$$

더욱 T, C 등을 t, c 등으로 역 전환을 하면 다음 (5)식을 얻는다.

$$Y = 29.57 + 0.84\left(\frac{t-60}{35}\right) - 0.3\left(\frac{c-15}{5}\right) + 1.98\left(\frac{r-3}{1}\right) + 0.86\left(\frac{v-10}{5}\right) - 0.72\left(\frac{d-80}{20}\right) \quad (5)$$

(5)식의 T, C, R, V, D의 계수를 비교 대조해서 다음과 같이 요약할 수 있다.

1 R의 계수에 비해 T, C, V, D의 계수는 절대치가 작으므로 Table V에 표시한 척도 만큼씩 각 요인을 변화시켰을 경우에 수득량 data에 대한 영향력은 R이 크고 T, C, V, D는 작다.

2 T, R, V의 계수는 정(+), C, D의 계수는 부(-)이므로 실험 영역내에서 T, R, V를 증가시키면 수득량치는 증대하고, C, D를 감소시키면 역시 수득량치는 증대한다.

이상 1차 실험결과에 의해서 최적조건의 방향은

정하였으므로 (5)식의 계수를 이용하여 제2차 실험 경로를 정하기 위해 Table IV을 만든다.

Table IV의 최하단의 값을 1 step으로 하여 원점으로부터 1 step씩 진행하여 정방향으로 23 step, 진행하는 사이의 경로를 표시하면 다음 Table V와 같다.

단 본 실험에서 각 요인의 step차 특히 반응액의 온도 등에 있어서 3°C 이하 정도의 차이로서는 그 유의성을 분별하기가 기술상 곤란하기 때문에 몇 step씩 간격을 두어 실험하였다.

이상과 같은 2차 합성 실험결과로 보아 AMS의 최적 합성조건은

- ① 반응액의 온도범위는 69~81°C,
- ② 반응액의 농도범위는 13.95~14.55%,
- ③ 혼합비율 $[NaAlO_2]/[MgCl_2]$ 의 범위는 3.63~4.00,
- ④ 작용시간의 범위는 12~15 min.,
- ⑤ 건조온도 범위는 70~76°C임이 밝혀졌으며,

이러한 최적조건으로 합성하여 10.0 w/w% AMS 현탁액 원액을 제조하였다.

제산도 시험—본 연구에서 시료로 사용한 5종의 합성 AMS의 제산도는 다음 Table VI과 같다.

의약품 기준 및 시험방법의 규정에 의하면 AMS의 제산도는 시료 1g에 대하여 0.1 N-HCl의 소비량은 250 ml 이상이어야 한다. 따라서 Table VI의 data로부터 본 연구에서 시료로 사용한 5종의 합성제품의 제산도는 모두 규격에 적격임을 알 수 있었다.

각종 농도의 현탁화제에 분산시킨 5.0 w/w%의 Aluminum Magnesium Silicate 현탁액의 유동학적 특성—Table VII에는 pectin, Na alginate, Na CMC, agar, Veegum, hydroxypropyl cellulose 등 6종의 현탁화제들의 0.75 w/w%, 1.0 w/w% 및 1.5 w/w%의 용액 또는 현탁액에 분산시킨 5.0 w/w% AMS 현탁액의 spindle의 rpm 변화에 따르는 15°C와 25°C에서의 겔보기 점도의 변화를 나타내었다. 동일 분산제의 농도가 각기 다른 현탁화제를 사용한 경우에는 동일 No.의 spindle을 사용하였다.

이 표에서 시료의 겔보기 점도의 크기는 현탁화제의 종류에 따라 $Na\ CMC > Veegum \sim HPC > Na\ alginate \approx agar > pectin$ 의 순으로 감소한다.

Table VIII에는 0.75, 1.0, 1.5 w/w%의 각종 현탁화제에 분산시킨 5.0 w/w% AMS 현탁액의 flow type와 각 분산제의 겔보기 점도에 미치는 온도의 영향을

Table V – Second experimental results

Exp. No.	Factors	Temp.of Reactant Soln.(C)	Concn.of Reactant Soln.(%)	Na Aluminate Soln.(ml)	Na Silicate Soln.(ml)	MgCl ₂ Soln. (ml)	Mole Ratio [NaAlO ₂]/ [MgCl ₂]	Reacting Time (min.)	Drying Temp. (C)	Yield(g)	
										Each Average	
O	25	60	15.00	164	189.4	135.6	3.00	10.0	80.0	29.96	
	26									31.25 30.74	
	27									31.02	
I	61	14.95					3.07	10.2	79.5		
II	62	14.90					3.14	10.4	79.0		
III	28	63	14.85	176.6	191.4	137	3.21	10.6	78.5	29.25	
	29									30.01 29.26	
	30									28.53	
IV	64	14.80					3.28	10.8	78.0		
V	65	14.75					3.35	11.0	77.5		
VI	31	66	14.70	189.6	193.4	138.4	3.42	11.2	77.0	32.10	
	32									31.98 32.04	
	33									32.04	
VII	67	14.65					3.49	11.4	76.5		
VIII	68	14.60					3.56	11.6	76.0		
IX	34	69	14.55	202.8	195.4	139.8	3.63	11.8	75.5	32.40	
	35									32.78 32.64	
	36									32.73	
X	70	14.50					3.70	12.0	75.0		
XI	71	14.45					3.77	12.2	74.5		
XII	37	72	14.40	216.4	197.4	141.2	3.84	12.4	74.0	33.48	
	38									33.37 33.24	
	39									32.88	
XIII	73	14.35					3.91	12.6	73.5		
XIV	74	14.30					3.98	12.8	73.0		
XV	40	75	14.25	230	199.4	142.6	4.00	13.0	72.5	33.89	
	41									34.03 34.01	
	42									34.12	
XVI	76	14.20					4.00	13.2	72.0		
XVII	77	14.15					4.00	13.4	71.5		
XVIII	43	78	14.10	232.6	201.6	144.2	4.00	13.6	71.0	33.01	
	44									32.85 32.80	
	45									32.54	
XIX	79	14.05					4.00	13.8	70.5		
XX	80	14.00					4.00	14.0	70.0		
XXI	46	81	13.95	235	203.8	145.8	4.00	14.2	69.5	32.70	
	47									32.54 32.68	
	48									32.81	
XXII	82	13.90					4.00	14.4	69.0		
XXIII	83	13.85					4.00	14.6	68.5		

종합적으로 표시하였다.

이 표로부터 5.0 w/w% AMS의 유동형태와 겔보기 점도에 미치는 온도의 영향은 첨가된 현탁화제의 종

류와 농도에 따라 달라진다는 것을 알 수 있다.

Cheng⁽¹⁰⁾은 현탁액의 유동학적 거동의 요인을 세 가지 상호작용, 즉 1) 분산된 입자의 농도가 낮을 때

일어나는 외상과 내상간의 유체역학적 상호작용, 2) 분산된 입자의 농도가 높을 때 일어나는 분산된 입자들간의 마찰상호작용 및 3) 분산된 입자들간의 인력을 근거로 하여 고찰하였다. Fig. 1에는 이들 세 가지 상호작용으로 인한 유동학적 거동을 나타내었다.

Fig. 1의 좌변하단에 뉴턴성 흐름이 있는데 이 영화제에 분산시킨 5.0 w/w% AMS 현탁액의 flow type

Table VI—Antacid capacity of 5 synthetic aluminum magnesium silicate(ml of 0.1 N-HCl Consumed per Gram of Antacid)

Sample No.	Antacid Capacity
1 (# 35)	272
2 (# 37)	278
3 (# 42)	276
4 (# 43)	275
5 (# 48)	277

Table VII—Changes in apparent viscosity at 15°C and 25°C when 5.0 w/w% aluminum magnesium silicate suspensions dispersed in the solutions or suspensions of three different concentrations of various suspending agents were sheared at various rpm

Temp. (°C)		PRM														
		0.3	0.6	1.5	3	6	12	30	12	6	3	1.5	0.6	0.3		
%Pectin	0.75	15	0	0	0	10	10	7.5	7	10	5	4	0	0	0	Apparent viscosity(cps)
		25	0	5	0	10	5	5	11	0	0	0	0	0	0	
	1.0	15	0	0	0	20	20	15	36	12.5	15	10	0	0	0	
		25	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	0	0	0	
	1.5	15	0	0	20	30	30	28	56	30	30	30	20	50	0	
		25	0	0	40	40	30	23	26	23	30	30	40	50	0	
%Na Alg	0.75	15	0	0	0	4	6	5	4.4	5	4	4	4.8	0	0	Apparent viscosity(cps) ×2(E-2)
		25	0	0	0	4	4	4	0.4	3	4	0	0	0	0	
	1.0	15	0	8	8	12	12	12	12.4	14	12	12	16	20	0	
		25	0	0	8	8	10	10	9.6	8	8	8	16	20	0	
	1.5	15	40	60	56	52	50	48	36	50	54	56	64	60	80	
		25	40	40	32	36	32	32	30	36	40	40	48	60	80	
%NaCMC	0.75	15	0	0	0	0.2	0.2	0.1	0.05	0	0	0	0	0	0	Apparent viscosity(cps) ×2(E-4)
		25	0	0	0	0	0.1	0.1	0.04	0	0	0	0	0	0	
	1.0	15	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.24	0.1	0.1	0	0	0	0	
		25	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.12	0.1	0.2	0.2	0	0	0	
	1.5	15	46	31	15.6	8.8	5.1	3.0	1.74	2.6	4.1	6.6	11.2	24	44	
		25	34	24	12.8	7.2	4.0	2.3	1.16	1.9	3	4.8	8.8	17	32	
%Agar	0.75	15	24	13	10.1	9.6	5.2	2.9	1.2	2.4	4.4	8.8	16.8	34	20	Apparent viscosity(cps) ×2(E-2)
		25	24	12	6	4.6	4.8	2.9	1.64	2.5	4.7	9.2	16.4	17	22	
	1.0	15	0	0	0.4	0.4	0.2	0.2	0.32	0.3	0.2	0.2	0.4	1	0	
		25	0	0	0.8	0.4	0.3	0.1	0.15	0.15	0.3	0.4	0.4	0	0	
	1.5	15	34	18	14	13.6	7.4	4.0	1.64	3	6	11.2	20	45	32	
		25	48	24	9.6	5.4	4.8	3.8	1.96	3.6	6.8	12.4	21.6	18	16	
%Veegum	0.75	15	15	8.4	3.6	1.8	1.0	0.5	0.24	0.45	1.4	3.2	4.8	8	18	Apparent viscosity(cps) ×2(E-3)
		25	17	8.5	3.4	1.8	0.95	0.5	0.27	0.48	0.86	1.6	3.4	9	20	
	1.0	15	4	2	1.2	0.6	0.45	0.3	0.1	0.25	0.3	0.5	1	2	5	
		25	8	4	1.8	1.1	0.7	0.45	0.22	0.36	0.6	0.8	1.2	4.5	6	
	1.5	15	34	18.6	7.6	3.9	2.0	1.15	0.61	1.0	1.6	3.1	6.8	18.6	40	
		25	40	21	8.8	4.2	2.2	1.25	0.57	1.1	1.7	3.8	8	21	44	
%HPC	0.75	15	0	0	0	2	2	1	0.8	1	0	0	0	0	0	Apparent viscosity(cps) ×2(E-3)
		25	20	10	8	8	3	3	3	1	2	2	4	0	0	
	1.0	15	20	10	8	6	5	4	2	4	4	6	8	10	20	
		25	0	0	4	4	4	3	2.4	3	3	4	4	10	0	
	1.5	15	40	30	16	12	10	7	4.4	7	8	10	16	20	40	
		25	40	40	24	18	12	9	6	8	10	14	24	40	60	

Table VIII—Flow types and effect of elevated temperature on apparent viscosity in 5.0 w/w% aluminum magnesium silicate suspension dispersed in various concentrations of dispersing agents

Dispersing agent	w/w%	Flow type	Apparent viscosity
Pectin	0.75	Newtonian flow	decrease
	1.0	Dilatant flow	no change
	1.5	Dilatant flow at 15C Plastic flow at 25C	no change
Na alginate	0.75	Newtonian flow	no change
	1.0	Plastic flow	decrease
	1.5	Pseudoplastic flow	decrease
Na CMC	0.75	Newtonian flow	no change
	1.0	Newtonian flow	no change
	1.5	Plastic flow	decrease
Agar	0.75	Thixotropy in plastic flow	decrease
	1.0	Newtonian flow	no change
	1.5	Thixotropy in plastic flow	decrease
Veegum	0.75	Plastic flow	no change
	1.0	Plastic flow	no change
	1.5	Plastic flow	no change
HPC	0.75	Antithixotropy in plastic flow	increase
	1.0	Antithixotropy in plastic flow	no change
	1.5	Antithixotropy in plastic flow	increase

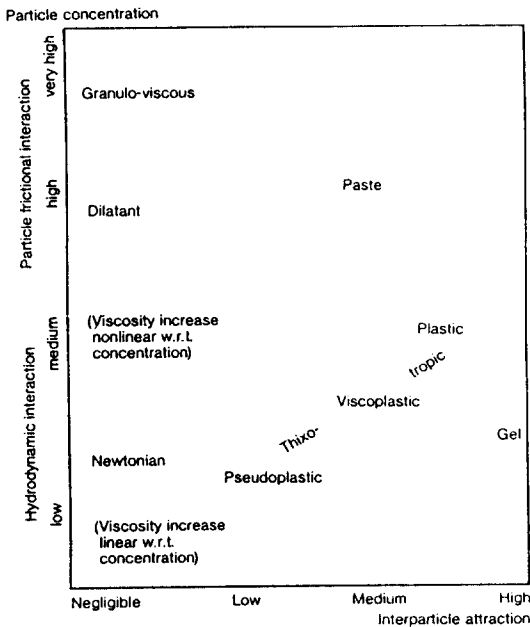


Fig. 1—Rheological behavior of suspension due to hydrodynamic interaction, particle frictional interaction and interparticle attraction.

와 각 분산제의 겔보기 점도에 미치는 온도의 영향을

종합적으로 표시하였다.

이 표로부터 5.0 w/w% AMS의 유동형태와 겔보기 점도에 미치는 온도의 영향은 첨가된 현탁화제의 종류와 농도에 따라 달라진다는 것을 알 수 있다.

Cheng¹⁰⁾은 현탁액의 유동학적 거동의 요인을 세 가지 상호작용, 즉 1) 분산된 입자의 농도가 낮을 때 일어나는 외상과 내상간의 유체역학적 상호작용, 2) 분산된 입자의 농도가 높을 때 일어나는 분산된 입자들간의 마찰상호작용 및 3) 분산된 입자들간의 인력을 근거로 하여 고찰하였다. Fig. 1에는 이들 세 가지 상호작용으로 인한 유동학적 거동을 나타내었다.

Fig. 1의 좌변하단에 뉴톤성 흐름이 있는데 이 영역에서는 낮은 입자간 인력 및 낮은 외상과 내상간의 유체역학적 상호작용이 작용한다. 내상의 입자농도가 증가함에 따라 현탁액의 점도가 직선적으로 증가한다. 내상의 입자농도가 더욱 증가하게 되면 내상의 입자들간의 마찰상호작용이 증가하게 되고, 점도는 비직선적으로 증가하며 또한 팽창성 흐름을 거쳐 granulo-viscous flow 단계에 까지 올라가게 된다. 한편 중합체 사슬들 간의 상호작용과 같은 내상의 입자들 간의 중간 정도 내지는 높은 입자간 인력이 작용하는 경

Table IX—Effect of suspending agent concentration on the apparent viscosity of 5.0 w/w% aluminum magnesium silicate suspension when the dispersed systems were sheared at 15°C and 6 rpm

Dispersing agent	Concentration(w/w%)		
	0.75	1.0	1.5
Pectin	10*	20	30
Na alginate	300	600	2500
Na CMC	1000	1000	25500
Agar	260	10	370
Veegum	500	225	1000
HPC	1000	2500	6000

*Units are in cps.

우에는 요변성과 viscoplastic flow를 거쳐 소성흐름 및 gel 형성에 이르게 된다.

본 연구의 경우에는 AMS 현탁액에 현탁화제가 첨가되었기 때문에 첨가한 현탁화제가 앞서 열거한 세 가지 상호작용에 영향을 미친 결과로서 유동거동이 나타나리라고 생각된다.

5.0 w/w% Aluminum Magnesium Silicate 현탁액의 겔보기 점도에 미치는 각종 현탁화제 농도의 영향—Table IX에는 0.75, 1.0 및 1.5 w/w% 현탁화제의 용액 또는 현탁액에 분산시킨 5.0 w/w% AMS의 15°C와 6 rpm에서 측정된 겔보기점도를 나타내었다.

이 표로부터 5.0 w/w% AMS의 겔보기 점도는 일반적으로 분산제의 농도가 증가함에 따라 증가하였으나 agar과 Veegum의 경우는 예외이었다.

결 론

1. Na aluminate, Na silicate 및 $MgCl_2$ 를 원료로 (1) 반응액의 온도, (2) 반응액의 농도, (3) 혼합비율 $[NaAlO_2]/[MgCl_2]$, (4) 작용시간 및 (5) 건조온도를 합성요인으로 하여 Box-Wilson 실험계획법에 의해 얻은 aluminum magnesium silicate의 최적 합성조건 범위는

- (1) 반응액의 온도 범위는 69~81°C,
- (2) 반응액의 농도 범위는 13.95~14.55%,
- (3) 혼합비율 $[NaAlO_2]/[MgCl_2]$ 의 범위는 3.63~4.00,
- (4) 작용시간의 범위는 12~15 min.
- (5) 건조온도의 범위는 70~76°C이다.

2. 합성한 우수제품 5종의 제산도 시험결과 시료 1 g에 대한 0.1N-HCl 소비 ml/수는 272~278 ml/로서 공정규격에 적격이었다.

3. 5.0 w/w% aluminum magnesium silicate 현탁액의 흐름형태는 분산제의 종류와 농도에 따라 달라졌다.

4. 5.0 w/w% aluminum magnesium silicate 현탁액의 겔보기 점도는 일반적으로 첨가한 분산제의 농도가 증가함에 따라 증가하였으며 온도가 상승했을 때는 거의 변화가 없거나 감소하는 경향을 나타내었다.

5. 분산제의 일종으로서 hydroxypropyl cellulose를 첨가하였을 때는 anti-thixotropy의 특이한 유동거동을 나타내었다.

6. 분산제의 용액이나 현탁액의 flow type는 5.0 w/w% aluminum magnesium silicate 현탁액의 분산제로서 사용한 경우의 flow type와 반드시 일치하지는 않았다.

7. aluminum magnesium silicate 현탁액의 이상적인 분산제로는 gel상제산제 제제로 하여금 thixotropy in plastic flow를 나타내게 하는 agar이라고 생각된다.

8. 6종의 현탁화제에 분산시킨 5.0 w/w% AMS 현탁액의 유동학적 거동은 분산매와 분산상간의 유체역학적인 상호작용, 분산상 입자들간의 마찰상호 작용 및 분산상 입자들간의 인력에 현탁화제들이 영향을 미친 때문이라고 생각된다.

감사의 말씀

이 논문은 1994년도 원광대학교 교비연구비에 의하여 연구 되었으므로 이에 감사합니다.

문 헌

- 1) Yokoi, H., Haginaka, T., Inagaki, M. and Namerikawa, M.: Magnesium aluminum silicate. *Ger. Offen.* **2**, 325, 078 (Cl, C 016), Dec. 6 (1973).
- 2) Hoffmann, K.: Preparation of magnesium aluminosilicate gel. *Rom.* **51**, 003 (Cl, C 01bf), Jun. 4 (1968).
- 3) Fuji Kagaku Kogyo Co., Ltd. Jpn.: Magnesium aluminosilicate as gastric antacid. *Jpn. Kokai Tokyo Koho, JP* **8**, 159, 617 (Cl, C01 B333/26), May. 3

- (1981).
- 4) Nippon Chemical Industrial Co., Ltd. Jpn.: Magnesium aluminosilicate production for pharmaceuticals, cosmetics, and foods. *Jpn. Kokai Tokyo Koho, JP 59*, 213, 614 84, 213, 614 [84, 213, 614] (Cl, C01 B333/26), Dec. 3 (1984).
 - 5) Fuji Chemical Industry Co., Ltd.: Medicinal magnesium aluminum silicate. *Brit.* 834, 934, May 11 (1960).
 - 6) 일양약품주식회사 제조허가사항 품목허가번호 제 131호 (1983).
 - 7) Schneckeburger, J.: *In vitro* investigations of antacids. I. *Arzneim-Forsch.* **24**, 142-144 (1974).
 - 8) Tuderman, V., Klinge, E. and Lind, H.: *In Vitro* evaluations of antacid suspensions marketed in Finland. *Acta Pharm. Fenn.* **91**, 153-173 (1982).
 - 9) Fuji Kagaku Kogyo Co., Ltd. Jpn.: *Neusilin A* (1990).
 - 10) Fuji Chemical Industry Co., Ltd. Jpn.: Reevaluation results of OTC antacids by FDA. *Federal Register* **38**, 8715 (1973).
 - 11) Kim, N. D., Park, K. H., Cha, S. M. and Choi, J. S.: Evaluation of neutralizing capacities of antacid products. *Yakhak Hoeji*, **27**, 139-148 (1983).
 - 12) Kaku, T. and Hatsumi, Y.: Studies on antacids. *Yakuzaigaku*, **25**, 276-279 (1964).
 - 13) Fuji Kagaku Kogyo Co., Ltd. Jpn.: *Neusilin A, A Collection of Literature on Clinical Tests* (1991).
 - 14) Ciullo, P. A.: Rheological properties of magnesium aluminum silicate/xanthan gum dispersions. *J. Soc. Cosmet. Chem.* **32**, 275-285 (1981).
 - 15) Shin, W. W., Ahn, S. M., Chung, D. H. Kang, T. W. and Lee, K. P.: Synthesis conditions and rheological characteristics of aluminum phosphate. *Yakhak Hoeji* **35**, 319-325 (1991).
 - 16) Box, G. E. P. and Wilson, K. B.: On the experimental attainment of optimum conditions. *J. Roy. Stat. Soc. Ser. B13*, 1-45 (1951).
 - 17) 岡田壽太郎: 最適反應條件の追求-Box-Wilson 計劃とは.-化學の領域 **15**, 16-24 (1961).
 - 18) Wood J. H., Catacalos, G. and Lieberman, S. V.: Adaptation of commercial viscometers for special applications in pharmaceutical rheology I, The Brookfield Viscometer. *J. Pharm. Sci.* **52**, 296-300 (1963).
 - 19) Cheng, D. C-H.: *Chem. Ind.* (London) **10**, 403 (1980).