

린산수소이나트리움합성에 미치는 인자들의 영향

박세옥, 리옥이, 리성호

피로린산나트리움은 식료품공업에서 품질개량제, 수분유지제 등으로 리용된다.[2] 탄산나트리움과 린산으로부터 합성한 피로린산나트리움에는 린산나트리움이 기본불순물로 들어있는데 이것은 피로린산나트리움합성의 전구체인 린산수소이나트리움을 합성할 때 pH조절을 잘하지 못하였기때문이다. 린산수소이나트리움은 린산에 가성소다 또는 탄산나트리움을 작용시켜 만드는데 여기서 기본인자는 pH이다.[3, 4]

우리는 린산수소이나트리움합성에 미치는 인자들의 영향을 확정하기 위하여 Aspen Plus로 반응공정을 모의하였다.

1. 원료배합비의 영향

공정모형의 확립과 초기값설정은 선행연구[1]에서와 같이 하였다.
모의에서 공정조건은 표 1, 2와 같이 설정하였다.

표 1. 원료의 조성

원료이름	규격	첨가량/(kg·h ⁻¹)
H ₃ PO ₄	85%, 액체	100
Na ₂ CO ₃	99%, 고체	95
물	액체	20

표 2. 단위조작모형블록에서 공정초기조건

No.	단위조작모형	공정초기조건
1	SOLUTION(Flash2)	온도 60℃, 압력 1bar
2	COOLER(Heater)	온도 20℃, 압력 1bar
3	CRYSTAL(Flash2)	온도 20℃, 압력 1bar
4	SEP(CFuge)	잔여수분함량 0.01%

반응욕조(SOLUTION)에서 85% 린산의 첨가량을 100kg/h로 고정하고 탄산소다첨가량을 변화시키면서 pH 및 이온들의 생성량변화를 고찰한 결과는 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 탄산소다첨가량이 증가함에 따라 pH가 높아지다가 110~190kg/h에서는 거의 변하지 않고 그 이상에서는 다시 높아지다가 205kg/h이상에서 변하지 않는다.

HPO₄²⁻의 생성량이 최대로 되고 H₂PO₄⁻, PO₄³⁻의 생성량이 최소로 되는 탄산소다첨가량은 95~190kg/h, pH는 7.27~7.95이다.

탄산소다첨가량을 90~190kg/h에서 5kg/h간격으로 변화시키면서 원심분리기에서 분리되어 나온 Na₂HPO₄물질흐름에서 주요염들의 생성량변화는 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 탄산소다첨가량이 증가함에 따라 Na₂HPO₄·12H₂O와 NaHCO₃의 생성량은 모두 증가한다. 탄산소다첨가량이 100kg/h일 때 Na₂HPO₄·12H₂O의 생성량은 최대로 되지만 순도는 97.5%로 낮아진다.

이로부터 린산수소이나트리움의 거동률을 최대로 높이면서 높은 순도의 제품을 얻는데 합리적인 원료배합비는 85% 린산 : 탄산소다(99%)=100 : (95~100)(질량비), pH=7.27~7.30이다.

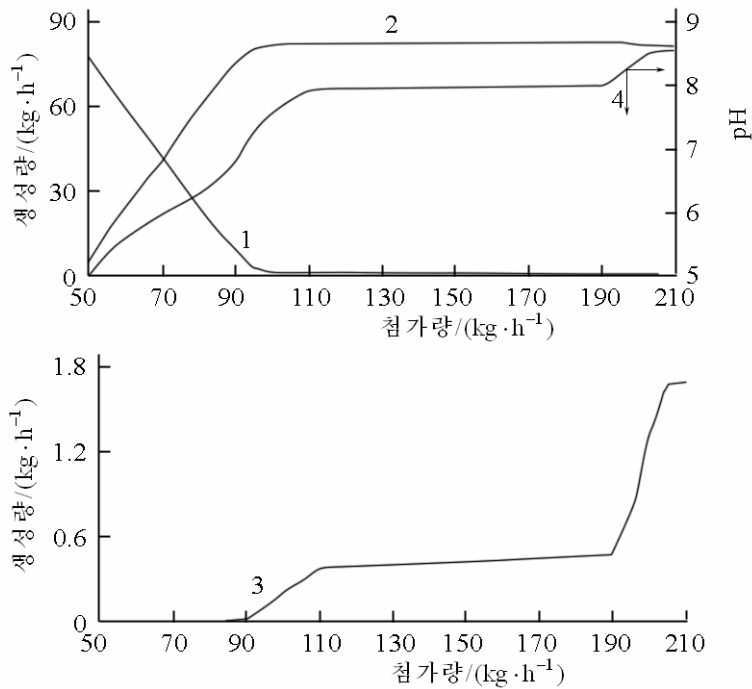


그림 1. 탄산소다첨가량에 따르는 pH 및 이온들의 생성량변화

1- H_2PO_4^- , 2- HPO_4^{2-} , 3- PO_4^{3-} , 4-pH

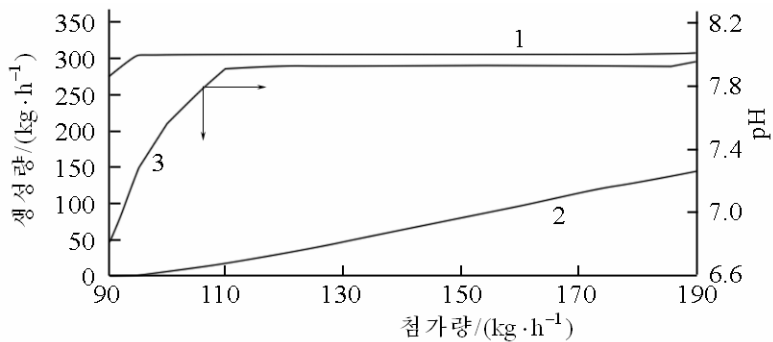


그림 2. 탄산소다첨가량에 따르는 Na_2HPO_4 물질흐름에서 주요염들의 생성량변화

1- $\text{Na}_2\text{HPO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 2- NaHCO_3 , 3-pH

2. 고액비의 영향

85% 린산의 첨가량을 100kg/h, 탄산소다(99%)의 첨가량을 95kg/h로 고정하고 물의 첨가량을 변화시키는 방법으로 고액비를 변화시켰다.

물의 첨가량을 100~400kg/h(고액비 1 : 2.1~1 : 5.26)에서 20kg/h간격으로 변화시킬 때 반응욕조(SOLUTION)에서 pH 및 이온들의 생성량변화는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 물첨가량이 증가함에 따라 pH는 낮아지며 HPO_4^{2-} 의 생성량은 초기에는 증가하다가 140kg/h이상에서는 점차 감소한다. 한편 H_2PO_4^- 의 생성량은 물첨가량이 증가함에 따라 증가한다.

HPO_4^{2-} 의 함량이 최대이며 H_2PO_4^- 이 적게 포함되는 조건은 물첨가량 140~240kg/h, pH=7.23~7.35이다.

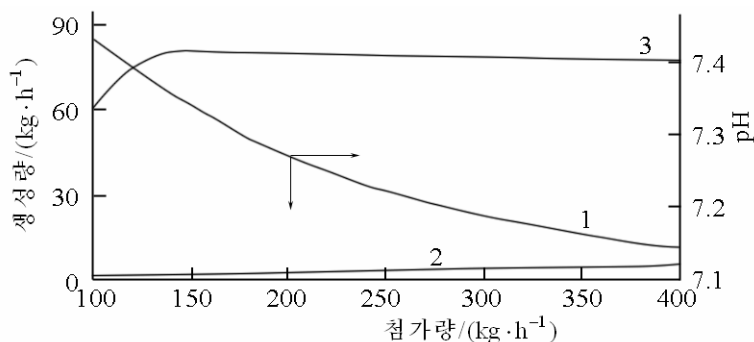


그림 3. 물첨가량에 따르는 pH(1) 및 H_2PO_4^- (2), HPO_4^{2-} (3)의 생성량변화

물첨가량을 140~240kg/h에서 10kg/h간격으로 변화시키면서 원심분리기에서 분리되어 나온 Na_2HPO_4 물질흐름에서 주요염들의 생성량변화는 그림 4와 같다.

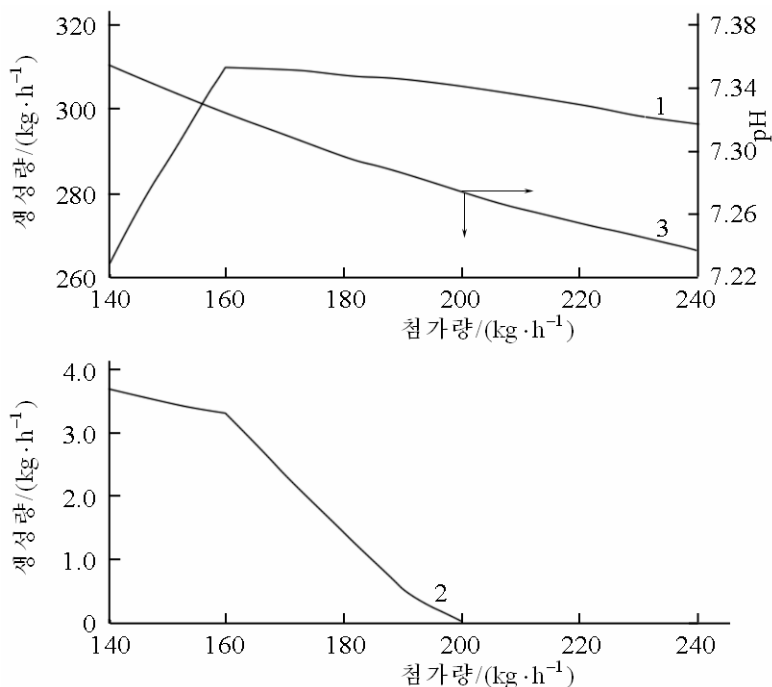


그림 4. 물첨가량에 따르는 Na_2HPO_4 물질흐름에서 주요염들의 생성량변화
1— $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 2— NaHCO_3 , 3—pH

그림 4에서 보는바와 같이 물첨가량이 160kg/h일 때 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 의 생성량이 최대로 되지만 많은 양의 NaHCO_3 을 포함하게 된다.

따라서 불순물량이 적으면서 린산수소이나트륨의 거둬들이 최대가 되는 조건은 다음과 같다.

물첨가량 200kg/h, pH=7.27

3. 온도의 영향

온도를 20~80℃에서 5℃ 간격으로 변화시키면서 반응용조(SOLUTION)에서 pH 및 HPO_4^{2-} 의 생성량변화를 고찰한 결과는 그림 5와 같다.

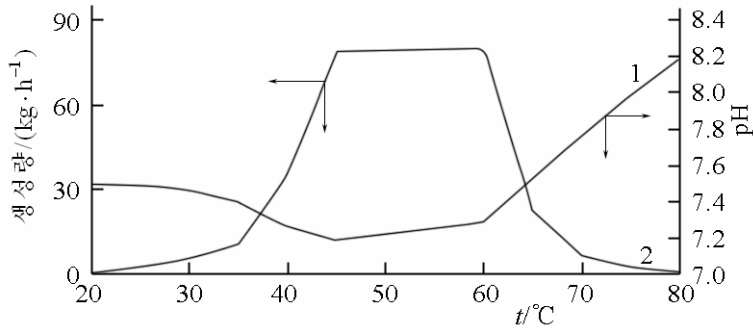


그림 5. 온도에 따르는 pH(1) 및 HPO_4^{2-} (2)의 생성량변화

그림 5에서 보는바와 같이 용액에서 HPO_4^{2-} 의 생성량이 최대인 온도는 45~60℃이다. 45~60℃에서 2.5℃ 간격으로 온도를 변화시키면서 원심분리기에서 분리되어 나온 Na_2HPO_4 물질 흐름에서 pH와 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 의 생성량변화는 그림 6과 같다.

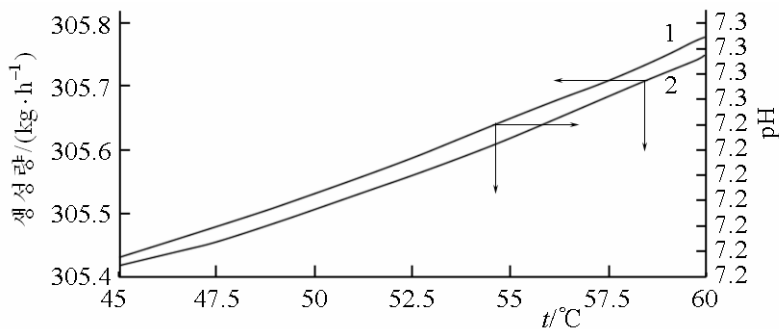


그림 6. 온도에 따르는 pH(1)와 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (2)의 생성량변화

그림 6에서 보는바와 같이 온도가 높아짐에 따라 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 의 생성량은 점차 증가하며 NaHCO_3 는 생성되지 않았다. 이로부터 합리적인 온도는 60℃이다.

이상의 공정모의로부터 얻은 반응의 최적조건은 다음과 같다.

85% 린산 : 탄산소다(99%) : 물 = 100 : 95 : 200(질량비), 고액비 1 : 3.15, 온도 60℃, 반응종점pH 7.27~7.30

맺 는 말

Aspen Plus로 린산수소이나트륨의 합성에 미치는 인자들의 영향을 평가하고 반응조건을 확립하였다. 린산과 탄산나트륨으로부터 순도높은 린산수소이나트륨을 높은 거둬들리 얻기 위한 합리적인 조건은 린산과 탄산소다의 물질량비 1 : 1.02, 온도 60℃, 고액비 1 : 3.15, 반응종점pH 7.27~7.30이다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보 화학, 65, 3, 3, 주체108(2019).
- [2] 杨俊 等; 福建分析测试, 23, 4, 51, 2014.
- [3] 茹增祺; 无机盐工业, 5, 27, 1991.
- [4] 周浩洁 等; 磷酸盐工业, 2, 19, 2000.

주체110(2021)년 4월 5일 원고접수

Influences of Factors on the Synthesis of Disodium Hydrogen Phosphate

Pak Se Ok, Ri Ok I and Ri Song Ho

We investigated the influences of factors on the synthesis of disodium hydrogen phosphate by Aspen Plus and established the reaction conditions.

The rational conditions to synthesize disodium hydrogen phosphate with high purity in great yield from 85% phosphoric acid and solid sodium carbonate are as follows: the reaction temperature is 60°C, the molar ratio of phosphoric acid and sodium carbonate is 1 : 1.02, the solid-liquid ratio is 1 : 3.15 and pH of reaction end point is 7.27~7.30.

Keywords: disodium hydrogen phosphate, simulation