牛乳の熱凝固に及ぼすイオン交換樹脂処理の影響

佐々木林治郎, 津郷友吉, 矢島有信 (東京大学農学部農芸化学科)

昭和 29 年 12 月 18 日 受理

The Effect of Treatments with Ion-exchange Resin on Heat Coagulation of Milk.

By Rinjirō SASAKI, Tomokichi TSUGO and Arinobu YAJIMA

(Dept. of Agr. Chem., Fac. of Agr., Univ. of Tokyo)

牛乳の熱凝固の本体は蛋白質であつて、この問題は牛乳加工上特に無糖練乳の製造に極めて重要である。新鮮な牛乳の熱凝固には種種の原因が関係するものであるが、そのうち無機塩との関係は最も重要な条件の 1 つとなっている。SOMMER 及び HART⁽¹⁾⁽²⁾ によれば牛乳成分中カルシウム、マグネシウムと磷酸塩、クエン酸塩との間に適当な平衡を保つことが牛乳を熱凝固に対して安定とする必要条件であるという。これを Ash balance 説といい、牛乳の熱凝固を説明するのによく引用されている。本研究はイオン交換樹脂を用いて牛乳の熱凝固に対する無機塩、殊にカルシウムと磷との関係を明らかにして以て乳製品製造法改良の 1 基礎とするを目的とする。

実験の方法

(1) イオン交換樹脂 本実験には国産の陽イオン交換樹脂を使用した。この樹脂はフェノール・スルホン酸とホルマリンとの縮合物で、樹脂（以下 R なる記号を用いる）1 g 当り 2 mg 当量のスルホン酸基を有しそれは相当するだけの陽イオンを吸着することができるという。本実験においては動的イオン交換機構⁽³⁾を採用し、流型はいずれも順流即ち上から流下する方法にて行つた。その他の R の使用法についてはそれぞれの実験の項に記する。

(2) 分析方法 カルシウムの定量は KMnO_4 を適用する微量滴定法による。牛乳の場合には過塩素酸・硝酸の混酸を以て酸化分解してから行つた⁽⁴⁾。次に磷は ALLEN⁽⁵⁾ 及び中村⁽⁶⁾ の方法に準じてアミドル試薬及びモリブデン酸アンモニウムによつて呈色せしめ PULFRICH 光度計により比色定量した。牛乳の場合には過塩素酸で酸化分解してから比色法を適用した。

牛乳は新鮮な生乳を用い、その酸度は 10 cc に対する 0.1 N NaOH 液の cc 数で表わした。次に牛乳のレンネット凝固試験には牛乳を 35° に保つて約 20 分間で凝固するようにレンネット液を加えた。即ち牛乳 10 cc について稀釈レンネット液 0.3 cc を加えて凝固を生ずるまでの時間を測定した。

(3) 牛乳の熱凝固試験 試験乳 5 cc を硬質肉厚試験管にとり、試験管の口を封じてこれを流動パラフィン浴中にて加熱し試験乳の凝固温度を記録した。なお樹脂による Ca の除去により牛乳の酸度が降下するため、試験乳（対照も含め）はすべて酸度 1.6 cc に調節して行つた。

実験の成績並びに考察

(1) 陽イオン交換樹脂の能力並びに再生試験

(A) 樹脂の $\text{H} \rightarrow \text{Ca}$ 交換における最大負荷量 実験に使用した R が実際に 1 g 当り 2 mg 当量のスルホン酸基を有するか否かを検する目的で CaCl_2 溶液を R 層に流し、R の全負荷量即ち Ca についての貫流能力⁽³⁾を求めた。即ち R 20 g を使用し（層型 7 cm² × 7 cm）、既知濃度の CaCl_2 溶液（0.059 N, 1 cc = 1.2 mg Ca）100 cc ずつを 1 回の流下量とし、流速は 1.6 cc/cm²/min. (SV = 15*) として R 層より流出した処理液につき、Ca 定量法に準じて Ca の定性反応を検し、またその 10 cc をとつて 0.1 N NaOH 液で滴定し、滴定数より処理液中にできた HCl の g 数を算出し、これより逆算して R に吸着交換された Ca の g 数を求めた。その結果によれば流出液が 0.1 N NaOH により滴定値殆んど 0 になるまでの HCl の累計は 1.059 g でこの値は 0.587 g の Ca に相当する。しかるに R 1 g 当り 2 mg 当量のスルホン酸基即ち R 20 g についての 40 mg 当量のスルホン酸基の H と交換される Ca の g 数計算値は 0.802 g である。よつて R の実用上の Ca 最大負荷能力は表示の 73.2% (0.587/0.802 × 100) であつた。

(B) R-Ca 型から R-H 型への再生 前の実験により Ca 0.587 g 負荷された R に再生剤として約 0.5 N

* SV は specific velocity で、即ち R 体積と同容量の溶液を 1 時間要して R 層を流下せしめたときに SV = 1 とする。従つて SV = 15 とは R 体積の 15 倍の溶液を 1 時間要して流下せしめたときの速度である。

HCl (HCl 10 cc = 0.1 N NaOH 52.5 cc) を使用し、処理液 10 cc でとに 0.1 N NaOH で滴定し、NaOH の所要量が丁度 52.5 cc になつた所で再生効果 100% とした。層型は前と同じで、流速は $0.94 \text{ cc/cm}^2/\text{min.}$ (SV = 10) で行つた。その結果によれば 0.587 g の Ca を H にて置換するには上の 0.5 N HCl ならば理論的には 60 cc で再生効果 100% となる筈であるが、実際には同量の HCl では 62% の再生効果を得るに過ぎない。100% の再生効果を得るには HCl 270 cc を必要とした。また実用上の再生効果 80%⁽³⁾ を得るに要する HCl 量は 120 cc で理論数の 2 倍であつた。

(C) R-Ca 型から R-Na 型への再生 牛乳を処理する場合に R-H 型のものでは牛乳の酸度が上昇し操作中に乳蛋白の凝固を引き起すので、R-Na 型として行うことが必要である。よつて R-Ca 型から R-Na 型への再生に直接法と間接法と実用上何れの方法が適當であるかを定めるために、R をそれぞれ 10 g (層型は $2.1 \text{ cm}^2 \times 9.5 \text{ cm}$) 用い、予め CaCl_2 溶液で Ca を負荷しておいて、流速はいずれも $\text{SV} = 10$ ($1.5 \text{ cc/cm}^2/\text{min.}$) で比較試験を行つた。即ち直接法においては 2% NaCl 溶液を通して流出液につき Ca を順次定量して負荷 Ca の全量が流出するまで行う。間接法においては 0.5 N HCl で再生して R-H 型にし、水で洗浄し、洗液中に Cl^- の反応がなくなつてから、0.2% 又は 2% NaCl 溶液を通して流出液につき 0.1 N NaOH 滴定を順次行つて流出してくる HCl がなくなるまで処理して R-Na 型とする。これら 2 つの方法の結果は次の如くであつた。

直接法: R-Ca の Ca 負荷量は 291 mg で、2% NaCl 溶液消費量は 800 cc (NaCl として 16 g)、所要時間 5 時間。

間接法 R-Ca の Ca 負荷量は 292 mg で、R-Ca 型より R-H 型にするに要した 0.5 N HCl は 235 cc、所要時間は 1.5 時間。次に R-H 型から R-Na 型へ場合、0.2% NaCl 溶液消費量 600 cc (NaCl として 1.2 g)、所要時間 4 時間 50 分、又は 2% NaCl 200 cc (NaCl として 4 g)、所要時間 2.5 時間。

以上の実験結果から R-Ca 型の R-Na 型への再生には間接法により、NaCl の濃度は 2% のものを用いるのが適當であると認めた。

(2) 牛乳中の無機塩と同様な塩類混合溶液からの脱カルシウムに関する実験 牛乳中には種々の塩類が複雑な形で含まれているから、R を使用して脱カルシウムを行う場合、他の塩類の陽イオンの影響の有無を検する

Table 1. Composition of Salt Solution tested.

NaCl	0.502%
KCl	0.067
CaCl_2	0.088
KH_2PO_4	0.094
K_2HPO_4	0.069
$\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	0.083
$\text{Ca}_2(\text{HPO}_4)_2$	0.054
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	0.066
Na citrate	0.180
K citrate	0.041
Mg citrate	0.029
Ca citrate	0.182

目的でこの実験を行つた。

牛乳中の塩類の割合は SÖLDNER 及び VAN SLY-LKE の報告⁽⁷⁾に基づいて Ca 塩を主とし、これに Na, K, Mg の各塩類を組合せて試験液を調製した (Table 1)。塩類の中水に難、不溶のものは HCl にて酸性にして行つた。但し全塩類混合溶液の場合は NaOH で pH 6.5 に調節した。それ故この場合は Na の量が多くなつている (SÖLDNER によれば NaCl は 0.096%)。各試験液については Ca を定量し、Na, K, Mg は秤量した各塩類の g 数から算出した。R は HCl で 100

%再生したもの 10 g (層型 $2.1 \text{ cm}^2 \times 9.5 \text{ cm}$) を使用し、流速は $\text{SV} = 10$ とし、試験溶液は 400 cc を用いた。次に処理液 10 cc をとつて 0.02 N NaOH で滴定して酸度を測り Ca を定量し、Na (K, Mg) は計算により求め、これらは 400 cc 中の値として表わした。かくして実際に交換された Ca と Na (K, Mg) の割合を計算して、理論値と比較することとした。なお試験液と R 処理液について磷を定量した。これらの実験成績のうち CaCl_2 (0.088%) と Na citrate (0.180%) の混合溶液並びに全塩類混合溶液の R 処理の結果を例にとつて示すと Table 2 の如くである。Table 2 と同様な実験を Ca 塩と Na (K, Mg) 塩の各種混合溶液について行つた結果を取りまとめると Table 3 の如くなる。

磷についての分析の結果は 2, 3 の試験液と R 処理液について何れの場合も同一であつて、この R 処理において磷は影響を蒙らないことを確めた。

以上の結果から試験液の処理において Ca が優先的にイオン交換されることを認めた。Ca 以外の陽イオンでは Mg, Na が K に比してイオン交換され易い。全塩類の混合溶液の結果によつても牛乳のカルシウム除去の場合に Ca 以外の陽イオンの影響は殆んどないものと見なされる。次に理論値との比較において R 10 g では Ca

Table 2. Examples of Resin Treatment for Salts Solution tested.

Item	Mixed solution of CaCl ₂ and Na citrate	Mixed solution of all salts
A. Solution tested		
1 Ca in solution tested (mg)	133.8	480.3
2 Na (K, Mg) in solution tested (mg)	Na 171.2	Na 939.4, K 403.1, Mg 42.2
3 Acidity (cc)	0	544.4 (pH 6.51)
B. Solution treated by resin		
1 Acidity (cc)	693.8	1,221.9 (pH 4.48)
2 Acidity increased by resin treatment (cc)	693.8	677.5
3 Ca in solution treated (mg)	0	210.1
4 Ca exchanged by resin treatment (A1-B3) (mg)	133.8	270.2
5 Titratable number of 0.02 N NaOH equivalent to H increased in solution by H→Ca exchange (cc)	333.9	674.0
6 Titratable number of 0.02 N NaOH equivalent to H increased in solution by H→Na (K, Mg) exchange (2-5) (cc)	359.9	3.5
7 Na (K, Mg) exchanged by resin treatment (mg)	165.5	mg equivalent to 3.5 cc
C. Result		
Ratio of Ca and Na (K, Mg) exchanged by resin treatment		
1 Measured (%)	Ca 100; Na 96.7	Ca 56.2; Na, K, Mg unknown
2 Theoretical (%)	Ca 100; Na 100	Ca 60; Na, K, Mg 0

Table 3. Summary of Resin Treatments for Mixed Solution of Ca Salts and Various Na (K, Mg) Salts.

Kinds of Na (K, Mg) salts combined with Ca salts		NaCl	Na citrate	KCl	KH ₂ PO ₄	K ₂ HPO ₄	K citrate	Mg(H ₂ PO ₄) ₂	Mg citrate
CaCl ₂									
Ratio of Ca and Na (K, Mg) exchanged (%)	{ Measured Theoretical	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100
		{ Na 80.7	{ Na 96.7	{ K 60.9	{ K 56.1	{ K 31.2	{ K 59.6	{ Mg 91.2	{ Mg 90.2
		{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100
		{ Na 100	{ Na 100	{ K 100	{ K 100	{ K 100	{ K 100	{ Mg 100	{ Mg 100
(HPO ₄) ₂									
Ratio of Ca and Na (K, Mg) exchanged (%)	{ Measured Theoretical	{ Ca 110	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100
		{ Na 83.9	{ Na 99.7	{ K 44.2	{ K 67.4	{ K 61.9	{ K 33.1	{ Mg 87.1	{ Mg 87.3
		{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100
		{ Na 100	{ Na 100	{ K 100	{ K 100	{ K 100	{ K 100	{ Mg 100	{ Mg 100
Ca ₃ (PO ₄) ₂									
Ratio of Ca and Na (K, Mg) exchanged (%)	{ Measured Theoretical	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 88.5	{ Ca 81.4	{ Ca 83.6	{ Ca 66.1	{ Ca 100	{ Ca 100
		{ Na 12.4	{ Na 67.4	{ K 0.3	{ K 16.7	{ K 6.4	{ K 3.4	{ Mg 11.5	{ Mg 5.4
		{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100
		{ Na 83.8	{ Na 74.0	{ K 100	{ K 100	{ K 100	{ K 100	{ Mg 100	{ Mg 100
Ca citrate									
Ratio of Ca and Na (K, Mg) exchanged (%)	{ Measured Theoretical	{	{ Ca 100	{	{ Ca 100	{	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100
		{	{ Na 31.7	{	{ K 74.6	{	{ K 51.3	{ Mg 100	{ Mg 20.6
		{	{ Ca 100	{	{ Ca 100	{	{ Ca 100	{ Ca 100	{ Ca 100
		{	{ Na 100	{	{ K 100	{	{ K 100	{ Mg 100	{ Mg 100

293.3 mg を負荷し得るが、全塩類の場合に実験では Ca 270 mg が交換されている。これは他の陽イオンの影響というよりは流速等の影響によるものと考えらる。

(3) 牛乳の脱カルシウム並びに凝固に及ぼす影響に関する実験 牛乳にイオン交換を適用して脱カルシウムする場合には使用する樹脂の量、流出牛乳の量並びに流速等によってカルシウムの除去率が異なることは明らかである。本実験においては R-Na 型のもの 10 g (層型 2.1 cm²×9.5 cm) を使用し流出牛乳量と流速を変えて行つた。牛乳処理後の R の洗滌には 40~50° の温水を用いて逆流法によつて処理した。R の再生は間接法により R-Ca 型を R-Na 型とした。

先ず流出牛乳量及び流速を変えて数回に亘つて本実験の結果、Ca 除去率、酸度及び pH との関係について代表的の例をあげると Table 4 の通りである。

次に Ca 除去が牛乳のレンネット凝固及び熱凝固に及ぼす影響に関して代表的の 2 例をあげると Table 5 及び Table 6 の如くである。但し Ca 除去率 5 以下の場合には R 処理牛乳に計算量の未処理牛乳を混和してつくつたものについて試験した成績である。

Table 4. Relation between Ratio of Ca removed by Resin Treatment of Milk and Acidity or pH of Milk.

Item	Control	Resin treated milk							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Volume of milk discharged (cc)		600	1,500	1,000	800	400	200	100	25
Specific velocity (SV)		420	75	50	40	16	10	10	3.4
Acidity (cc)	1.65	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0
pH	6.54	6.56	6.58	6.60	6.62	6.71	6.75	6.82	7.20
Ratio of Ca removed (%)		7.3	9.2	14.6	19.2	25.7	30.3	51.3	78.0

Table 5. Effect of Ca Removal on Milk Coagulation (1)

Item	Control	Resin treated milk									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ca (mg/cc)	1.92	1.07	1.05	1.01	0.99	0.93	0.88	0.81	0.76	0.53	0.24
Ratio of Ca removed (%)		1.8	3.7	7.3	9.2	14.6	19.2	25.7	30.3	51.3	78.0
Ca/P	1.18	1.16	1.14	1.10	1.08	1.01	0.96	0.88	0.83	0.58	0.26
Heat coagulation temperature	143	143	141	139.5	138.5	137	135	130	128	125	121
Rennet coagulation time (min.)	19.5	20	23	29.5	31.5	45	55.5	*	*	*	*

Note. Specific gravity and acidity of milk (control) were 1.0310 and 1.65 cc respectively. Phosphor control was 0.92 mg P/cc in either control and treated milk.

* not coagulable even for 100 min.

Table 6. Effect of Ca Removal on Milk Coagulation (2)

Item	Control	Resin treated milk									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ca (mg/cc)	1.02	1.015	1.01	1.005	0.99	0.96	0.91	0.84	0.68	0.46	0.39
Ratio of Ca removed (%)		0.5	1.0	1.5	2.9	5.9	10.8	17.6	33.3	54.9	61.8
Ca/P	1.26	1.25	1.25	1.24	1.22	1.19	1.12	1.04	0.84	0.57	0.48
Heat coagulation temperature	132	132	133	134	135	136	138	140	143	148	***
Rennet coagulation time (min.)	20.5	21	22	22.5	25	40	90	*	*	*	*

Note. Specific gravity and acidity of milk (control) were 1.0308 and 1.65 cc respectively. Phosphor content was 0.81 mg P/cc in either control and treated milk.

* not coagulable even for 100 min. ** more than 150°.

Table 5 及び Table 6 によれば両試験に用いた牛乳は比重及び酸度から見て殆んど同様に新鮮な正常乳の如くであるが、Ca 除去率とレンネット凝固及び熱凝固との関係は大いに異なる。即ちレンネット凝固時間については対照は殆んど同じであつて、牛乳の Ca 除去率の大となる程レンネット凝固時間が長くなり、Ca 除去率 20~25% 以上になれば凝固しなくなるという傾向は先に著者等が酪酸塩を以て脱カルシウムを行つた実験における成績⁽⁸⁾と大体一致するが、Table 6 にあげた例は Ca 除去率に対する凝固時間の延引の程度が比較的著しい。次に Ca 除去率と熱凝固温度との関係は反対の傾向を示している。Ca/P の比から見れば Table 6 の牛乳は Table 5 の牛乳に比べて僅か大であるから、そのために凝固温度が低いとも考えられるが、両牛乳の Ca/P の比と凝固温度との間に共通の関係は認められない。

本実験の数例における他の牛乳は何れも凝固温度 140~145° であつて、Table 5 の場合と同様に Ca 除去によつて凝固温度は何れも低くなり、Ca 除去率 60% 程度のものは 120~123° の範囲であつた。JOSEPHSON 及び REEVES⁽⁹⁾ 並びに OTTING⁽¹⁰⁾ よればもとの牛乳の約 2% をイオン交換樹脂により処理すれば、それからつくられる無糖練乳の熱凝固温度を高めることができるというが、牛乳について凝固温度を測定した本実験によれば Ca 除去により牛乳の凝固温度が高くなるのは特殊の場合に限られるようであつた。しかしこれらの点については今後なお多数の例について実験を行う必要がある。

(1) H. H. SOMMER and E. B. HART : *J. Biol. Chem.*, 40, 137 (1919).

(2) H. H. SOMMER and E. B. HART : *J. Dairy Sci.*, 5, 6 (1922).

(3) 小田良平, 清水 博 : イオン交換樹脂, 191, 277, 280 (1950).

(4) 津郷友吉, 中井秀了 : 畜産物の科学, 4, 139 (1954).

(5) R. J. L. ALLEN : *Biochem. J.*, 34, 858 (1940).

(6) 中村道徳 : 農化, 24, 1 (1950).

(7) W. L. DAVIES : *The Chemistry of Milk*.

- 164 (1936). Dairy Sci., 20, 737 (1947).
 (8) 佐々木林治郎, 津郷友吉, 中井秀了: 農化, 29, 46 (1955). (10) H. E. OTTING: Ind. Eng. Chem., 41, 457 (1949).
 (9) D. V. JOSEPHSON and C. B. REEVES: J.

Summary

The results were summarized as follows:

(1) The commercial cation exchange resin used in this study was showed to have a usable maximum capacity amounting to 0.587 g of calcium per 20 g of the resin. The procedure of $\text{Ca} \rightarrow \text{Na}$ regeneration of the exchange resin adsorbing calcium was tested, and it was found that the indirect procedure in which the regeneration was done in the way of $\text{Ca} \rightarrow \text{H} \rightarrow \text{Na}$ with HCl and NaCl solution was more profitable than the direct one with NaCl solution alone.

(2) In respect of a salt solution mixed at the same rate as mineral salts in milk, experiments of the exchange resin treatments were performed. It was found that calcium was preferentially exchanged close to the theoretical value and there was hardly any effect of other cations.

(3) Experiments treating milk with the exchange resin were carried out concerning to the relations between volume of milk, velocity of the flow, acidity and pH of the milk, and the rate of calcium removed. It was shown that the higher the rate of calcium removed, the lower the temperature of heat coagulation of treated milk, whereas the opposite case was existed in a special example.

牛乳のカルシウムとレンネット凝固との関係

佐々木林治郎, 津郷友吉, 中井秀了 (東京大学農学部農芸化学科)

昭和 29 年 12 月 18 日 受理

The Relationship Between Calcium in Milk and Rennet Coagulation.

By Rinjiro SASAKI, Tomokichi TSUGŌ and Shuryo NAKAI

(Dept. of Agr. Chem., Fac. of Agr., Univ. of Tokyo)

凝固酵素レンニンによる牛乳の凝固機構に関しては、レンニンがカゼイン・カルシウム分子を加水分解して不溶性のカルシウム塩 (Ca paracaseinate) を生ずるという HAMMARSTEN の古典的説⁽¹⁾はその後修正を加えられて、今日ではカゼインの変性と凝固、即ちポリペプチド鎖の unfolding と分子内の relinking として説明されているが⁽²⁾、なお不明の点が少なくない。しかし牛乳のレンネットによる凝固には可溶性カルシウムの存在が必要であることはよく知られた事実であつて⁽³⁾、この現象は牛乳からチーズ又はカゼインを製造する場合、或いはレンネットによつて硬い凝固物を生じないような特殊の牛乳をつくる場合の基礎となるもので牛乳加工上重要な問題である。よつてその間の数量的関係を明らかにする目的を以てカルシウム沈澱剤による牛乳の脱カルシウム及びそのレンネット凝固に及ぼす影響について実験を行つた。

実験の方法

(1) 牛乳 実験材料としての牛乳は新鮮な生乳で、実験の便宜上これをクリーム分離機にかけて 2 回分離し脱脂乳として用いた。

(2) レンネットによる凝固試験 レンネットは子牛の第胃乾燥物から塩析法によつて自製したレンネット粉末⁽⁴⁾を水で 20 倍に稀釈してレンネット液として用い、試験には 10 分間で凝固するよう量を加えた。即ち脱脂乳又は脱カルシウム乳 100 cc に対して稀釈レンネット液 0.2 cc を加えて 35° に保ち、凝固の有無並びに凝固するまでの時間を測つた。

(3) 牛乳の分析 牛乳並びに脱脂乳の酸度は試料 10 cc に対する 0.1 N NaOH 液の cc 数を以て表わした。次にカルシウムの定量は過塩素酸・硝酸の混酸を以て酸化分解した後 KMnO₄ 滴定を適用する迅速微量定量法によつた⁽⁵⁾。

(4) カルシウム沈澱剤 本実験においてはカルシウム沈澱剤として硫酸塩と蓚酸塩を用いた。この場合に必要なのは牛乳の稀釈されることの少ないように溶解度が大き、しかもカルシウム塩の溶解度の小なることである。よつて硫酸塩としてはナトリウム塩、蓚酸塩としてはカリウム塩を用いることとした。