

Баянгийн ордны шохойн чулуунаас кальцийн карбонат тунадасжуулах тохиромжтой нөхцөлийн судалгаа

Энхбаярын Урангоо², Эрдэнэцогтын Үен¹, Наранцэцэгийн Гүнгэрэгбат¹, Нарангэрэлийн Лхагвасүрэн¹, Тулгаагийн Энх-Оюун¹, Идэшийн Саруул², Цэдэнбалын Долгосүрэн^{*1}

¹ Мал эмнэлгийн хүрээлэн, ХААИС, Зайсан 17024, Улаанбаатар

² Шинжлэх ухааны сургууль, МУИС, Залуучуудын өргөн чөлөө, 210646, Улаанбаатар

*Холбоо барих хаяг: dolgorsuren.ivm@gmail.com

 - <https://orcid.org/0000-0002-3507-5569>

Хүлээн авсан: 14.11.2020

Хянасан: 01.02.2021

Хэвлэлтэд орсон: 10.02.2021

Хураангуй

Кальцийн карбонатыг цаас, будаг, хуванцар, хүнс, керамик, косметик, эмийн болон бусад үйлдвэрлэлд маш өргөн ашигладаг. Бид энэхүү судалгаагаар байгалийн шохойн чулуунаас тунадасжуулсан кальцийн карбонатыг гарган авахдаа Calcination-Dissolution-Precipitation (CDP) буюу шатаан-уусгаж-тунадасжуулах аргыг ашигласан. Байгалийн шохойн чулууг шатаах туршилтыг 800, 850, 900, 950, 1000 болон 1050°C хэмд, уусгалтын хугацаа 5, 10, 15, 20 болон 25 минут, тунадасжуулах хугацааг 10, 20, 30, 40, 50 болон 60 секунд гэсэн хувилбаруудтай явуулсан. Рентген флюоресценцийн шинжилгээгээр байгалийн шохойн чулууны дээжинд 80.97% CaCO₃, тунадасжуулсан шохойн чулууны дээжинд 94.47% CaCO₃ агуулагдаж байгаа нь тогтоогдсоноос үзвэл шатаан-уусгаж-тунадасжуулах аргаар илүү цэвэршилттэй кальцийн карбонат гарган авах боломжтойг харуулж байна.

Түлхүүр үг: Шатаах, уусгах, тунадасжуулах, CaCO₃, Ca(OH)₂

Оршил

Шохойн чулуу нь кальцийн карбонатаас тогтдог байгаль дээр хамгийн өргөн тархсан эрдэс чулуулаг юм [1, 2]. Кальцийн карбонатыг цаас [3], будаг, хуванцар, хүнс, керамик, косметик, эмийн түүхий эд [4], барилгын дүүргэгч бодис [5] болон бусад хүнд үйлдвэрлэлд маш өргөн ашигладаг [6]. Мөн хөдөө аж ахуйн салбарт фермерүүд шохойн чулууг кальцийн эх үүсвэр болгон малын тэжээлд нэмэлтээр олгохын зэрэгцээ тэжээл боловсруулах замын хүчиллэгийг бууруулах регулятор болгон ашигладаг байна [2, 7].

Дэлхий дээр кальцийн карбонатын хоёр төрлийн эх үүсвэр байдаг гэж үздэг бөгөөд түүхий кальцийн карбонат (GCC), тунадасжуулсан кальцийн карбонат (PCC) гэж нэрлэдэг байна [1]. Түүхий кальцийн карбонат гэдэг нь байгаль дээр кальцийн карбонат агуулсан эх үүсвэрүүд болох кальцит, шохойн чулуу, гантиг аргонит, шохой зэргийг нунтаглан боловсруулсан байдаг бол тунадасжуулсан кальцийн карбонат гэдэг нь дээрх эх үүсвэрүүдээс бэлтгэсэн түүхий эдийг

химийн аргаар цэвэршүүлсэн бусад хольцоос салгасан байдаг [1].

Манай оронд кальцийн карбонатын нэг эх үүсвэр болох шохойн чулуу нь тархалтаараа кварц, хээрийн жоншны дараа 3-рт ордог Хангай, Хэнтийн уулархаг бүс нутгаар өргөн тархсан байдаг [8]. Шохойн чулууг манай оронд барилгын материалын чиглэлээр түлхүү ашигладаг мөн малчид болон фермерүүд саалийн үнээний эрдсийн дутагдлыг нөхөх зорилгоор боловсруулалт хийлгүйгээр (GCC) түүхий кальцийн карбонат хэлбэрээр малын тэжээлд нэмэлтээр өгч ашиглаж байна.

Хэдийгээр байгалийн шохойн чулуу нь мал, амьтны эрдсийн дутагдлыг нөхөх эдийн засгийн хувьд хэмнэлттэй эс үүсвэр боловч тугадасжуулсан кальцийн карбонат нь кальцийн агууламжаараа хамаагүй өндөр юм [8]. Тиймээс бид манай оронд өргөн тархацтай шохойн чулуунаас тунадасжуулсан кальцийн карбонат гарган авах зорилгоор Төв аймгийн Баян сумын орд газраас дээж бэлтгэн ашиглав.

Материал, арга зүй

Шатааж-уусган-тунадасжуулах (Calcination-Dissolution-Precipitation method, CDP) аргыг ашиглан байгалийн шохойн чулуунаас кальцийн

карбонат тунадасжуулах дараалал болон харьцуулсан үзүүлэлтүүдийг зураг 1 болон хүснэгт 1-3-аар тус тус үзүүлэв.

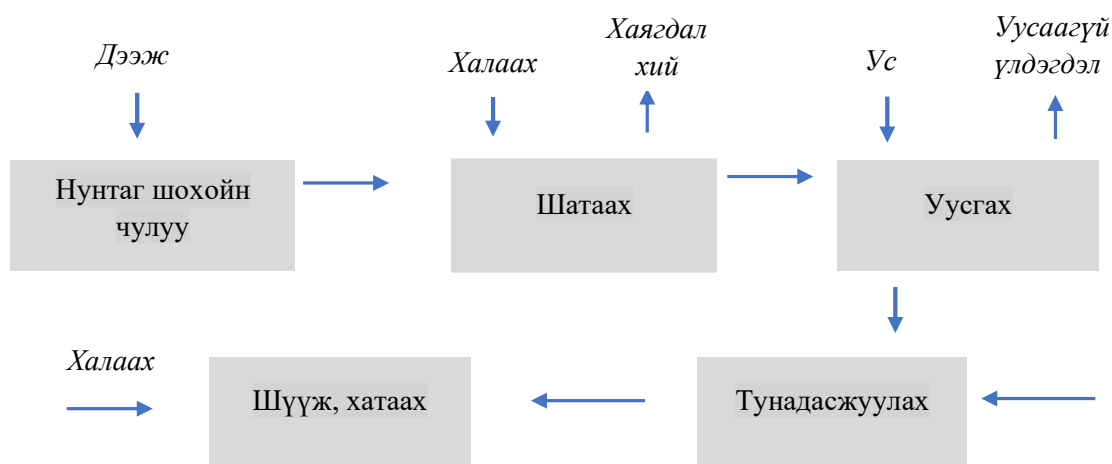


Figure 1. Schematic representation of PCC production experiments

Шохойн чулууг нунтаглан тигельд хийж 800–1050°C хүртэл 6 өөр хэмд, ижил хэмжээтэй буюу

90 гр-ийг ижил хугацаанд буюу 120 минутын турш шатаасан.

Experimental conditions in calcination of CaCO₃

Table 1

Үзүүлэлт	C800	C850	C900	C950	C1000	C1050
Шохойн чулууны дээж (г)	90	90	90	90	90	90
Шатаасан хугацаа (мин)	120	120	120	120	120	120
Шатаасан хэм (C ⁰)	800	850	900	950	1000	1050

Шатаах явцад ялгарах CO₂-ийн алдагдал болон шатаасны дараах CaO-ийн хэмжээг жинлэн үзэж тохиромжтой хэмийг тогтоов.

Шатаасны дараа дээжээ нэрмэл усанд уусгаж кальцийн гидроксид Ca(OH)₂ гарган авах тохиромжтой нөхцөлийг 2-р хүснэгтээр

харуулав. Уусгах туршилтыг явуулахдаа шатаасан дээж буюу CaO, нэрмэл ус, сэгсрэлтийн хурд болон хэмийг тогтмол хэмжээнд харин сэгсрэх хугацааг ялгаатай явуулав.

Experimental condition in dissolution of CaO obtained from calcination of CaCO₃ at 1000°C (experiment C1000)

Table 2

Үзүүлэлт	D5	D10	D15	D20	D25
Уусгасан хугацаа (мин)	5	10	15	20	25
CaO хэмжээ (г)	13	13	13	13	13
Нэрмэл усны хэмжээ (dm ³)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Ус, хуурай бодисын харьцаа (%)	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3
Сэгсрэлтийн хурд (rpm)	150	150	150	150	150
Уусгасан хэм (C ⁰)	25	25	25	25	25

Уусгалтын тохиромжтой хугацааг тогтооходоо 5-25 хүртэл минутаар сэгсэрсэн. Кальцийн оксид (CaO) нэрмэл усанд уусаж кальцийн гидроксид Ca(OH)₂ үүсэхийн хирээр уусмалын рН нэмэгдэх бөгөөд уусгалт явуулах хугацааны туршид рН-ийг тогтмол хэмжиж тэмдэглэсэн. Туршилтийн дүнгээс харахад 20 дахь минутанд уусмалын рН 12.93 болж цаашид тогтвортой байсан.

Уусалт бүрэн явагдаж уусмалын рН тогтворжсоны дараа уусаагүй үлдэгдлийг үнсгүй шүүлт цаасаар шүүж тунадаснаас салгасан. Туршилтын нөхцөлийг хүснэгт 3-аар үзүүлэв. Кальцийн гидроксидын Ca(OH)₂ усан уусмалыг

нүүрс хүчлийн хий (CO₂)-ээр үйлчлүүлж тунадасжуулсан кальцийн карбонатыг гарган авсан. Нүүрсхүчлийн хийн 2дм³ эзэлхүүнтэй 0.5 МПа даралтаар 10-60 хүртэл секундээр тунадасжуулалтыг явуулсан. Туршилтын явцад Ca(OH)₂ болон CO₂-ийн хооронд урвал явагдаж CaCO₃ үүссэнээр уусмалын орчны рН буурдагт үндэслэн тунадасжуулалтын явцад рН-ийг хэмжих замаар тунадасжуулалтын тохиромжтой хугацааг тодорхойлсон. Ca(OH)₂-ийн уусмалын рН 12.93-аас буурч CaCO₃-ийн рН 8.0 болох үед урвалыг зогсоож тунадасжуулалтыг дуусгасан.

Table 3

Experimental conditions in precipitation of CaCO₃ obtained from dissolution of Ca(OH)₂ (experiment D20)

Үзүүлэлт	p10	p20	p30	p40	p50	p60
Тунадасжуулсан хугацаа (sec)	10	20	30	40	50	60
CO ₂ хийн даралт (MPa)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
CO ₂ хийн хэмжээ (dm ³)	2	2	2	2	2	2

Үр дүн

Шохойн чулууг шатаах туршилтыг хүснэгт-1-т харуулсаны дагуу 90 г дээжийг 120 минутын турш 800-1050⁰С хэмийн хооронд явуулсан.

Шатаалтыг өөр өөр хэмд явуулахад жингийн алдагдал нь шатаах хэмээс шууд хамааралтайгаар буурч байв (Зураг 2).

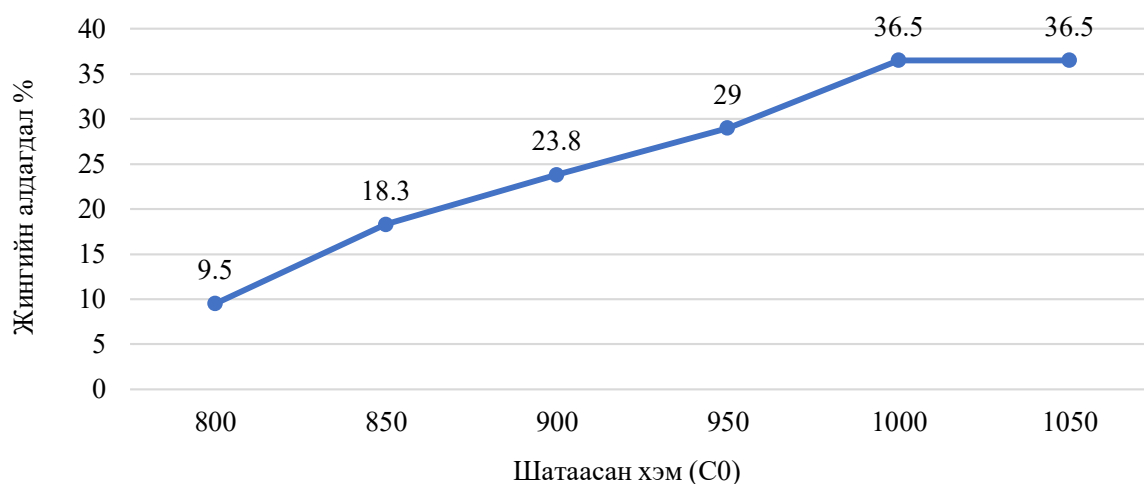


Figure 2. Calcination of limestone samples at different temperatures

Шатаах туршилтыг 800-1050⁰С хэмийн хооронд явуулахад 1000⁰С хэм хүртэл дээжний жин алдалт 9.5%-36.5% хүртэл тогтвортой буурч байсан бол 1000⁰С дээш хэмд тогтворжсон тул

1000⁰С-ийг тохиромжтой хэм гэж сонгон авав. Цаашид уусгах туршилтад C1000 туршилтын бүлэг буюу зөвхөн 1000⁰С-т шатаасан дээжийг ашиглав. Шатаасан дээжнээс 90 г-ийг 200 мл

нэрмэл усанд уусгаж 25°C хэмд 5.0-25.0 минутаар 150 эргэлт минутаар сэгсэрсэн.

Уусгасан хугацаа тус бүрд уусмалын рН-ийг хэмжсэн (Зураг 2).

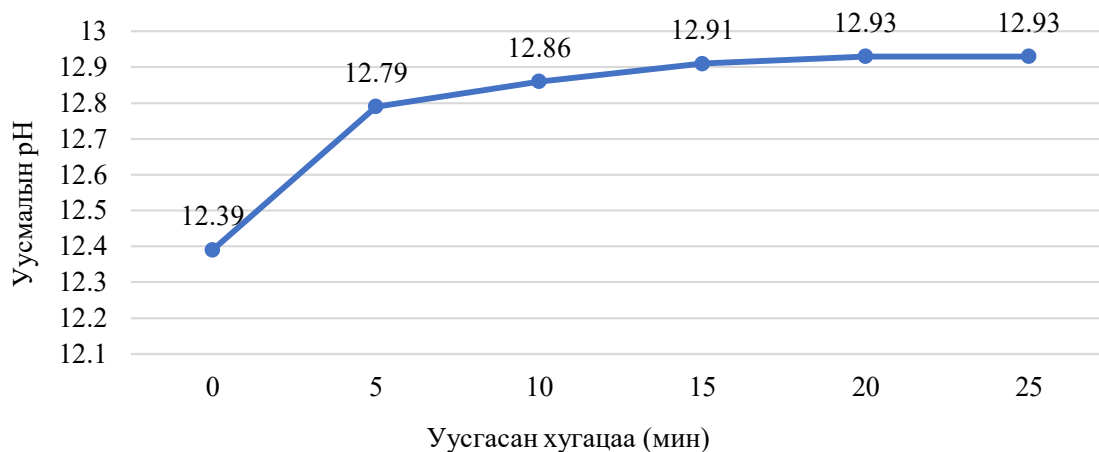


Figure 3. Effect of dissolution time on dissolution of calcined samples and pH of the solution

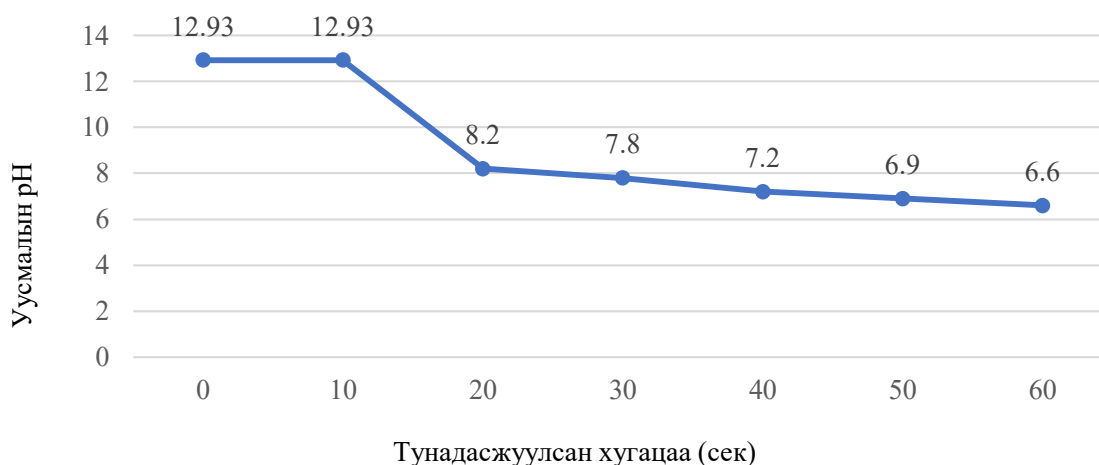


Figure 4. Effect of precipitation time on formation of PCC and on pH of the solution

Зургаас харахад уусгах хугацаа уртсах тусам уусмалын орчны рН нэмэгдсэн байсан бөгөөд 20 минутад 12.93 болж түүнээс хойш рН тогтворжсон. Тиймээс 20 минутын уусгалт явуулах хамгийн тохиромжтой хугацаа гэж сонгов. Цаашид кальцийн гидроксидыг нүүрсхүчлийн хийтэй урвалд оруулж кальцийн карбонат тунадасжуулан авах тохиромжтой хугацаа тогтоох туршилтанд D20 бүлэг буюу 20 минут сэгсэрсэн дээжийг ашиглав. Кальцийн гидроксидын усан уусмалыг нүүрсхүчлийн хийн 0.5 МРа тогтмол даралтаар 10, 20, 30, 40, 50 болон 60 секундын турш тунадасжуулсан.

Тунадасжуулалтын хугацаа уртсах тусам уусмалын рН буурч байв (Зураг 4). Зургаас харахад уусмалын рН тунадасжуулалтын 20 дахь секундэд огцом буурч 8.2 болсон бөгөөд түүнээс хойш аажмаар буурч 60 дахь секундэд 6.6 болсон. Кальцийн карбонат тунадасжуулах тохиромжтой хугацаагаар 20 секундийг сонгон авсан. Учир нь кальцийн карбонатын уусмалын рН 8.0 байдаг бөгөөд 20 дахь секундэд уусмалын рН 8.2 болсон нь кальцийн карбонат үүссэнийг гэрчилж байна. Байгалийн шохойн чулуу болон тунадасжуулсан кальцийн карбонатад хийсэн рентген флуоресценцийн шинжилгээг хүснэгт 4-өөр харуулав.

Table 4.

XRF analysis results of natural limestone and PCC product

Дээж	Элемент, %	
	CaCO ₃	CaO
Байгалийн шохойн чулуу	80.97	47.39
Тунадасжуулсан кальцийн карбонат	94.47	55.81

Рентген флуоресценцийн шинжилгээний дүнгээс харахад байгалийн шохойн чулуунд CaCO₃-80.97%, (47.39% CaO), тунадасжуулсан шохойн чулуунд CaCO₃- 94.47% CaCO₃, (55.81% CaO) тус тус агуулагдаж байна.

Шүүн хэлэлцэхүй

Erdogan [7] нарын судлаачид кальцийн карбонатын нэг эх үүсвэр болох Туркийн ордоос олборлосон гангиг чулуунаас кальцийн карбонатыг Calcination-Dissolution-Precipitation (CDP) method ашиглан тунадасжуулж гарган авсан бөгөөд тэдний судалгаагаар гангиг чулууг шатаах хамгийн тохиромжтой хэмийг 950⁰C, уусгалт явуулах тохиромжтой хугацааг 5 минут, тунадасжуулах тохиромжтой хугацааг 5 минут болохыг тогтоожээ. Харин бид Төв аймгийн шохойн чулууны ордоос олборлосон дээжнээс кальцийн карбонатыг дээрхтэй адил аргаар тунадасжуулан гаргаж авахад шатаах тохиромжтой хэм нь 1000⁰C, уусгах тохиромжтой хугацаа 20 минут, тунадасжуулах

тохиромжтой хугацаа 20 секунд болохыг тогтоов. Эрдоган нарын судлаачдын үр дүнгээс ялгаатай байгаа нь нэгдүгээрт түүхий эдийн хувьд өөр, хоёрдугаарт нүүрсхүчлийн хийн боловсруулалтыг явуулахдаа битүү технологи ашиглаагүйтэй холбоотой байна гэж үзсэн. Эрдоган нарын судлаачдын тунадасжуулсан кальцийн карбонатад CaCO₃-97.35% агуулагдаж байгааг тогтоогдсон бол бидний тунадасжуулсан кальцийн карбонатад CaCO₃-94.47% агуулагдаж байгаа нь тогтоогдсон. Цэвэршилтийн хувьд дээрх судлаачдынхаас бага байгаа боловч байгалийн шохойн чулуутай харьцуулахад тунадасжуулсан кальцийн карбонат нь илүү цэвэршилттэй байв.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар Calcination-Dissolution-Precipitation (CDP) арга ашиглан байгалийн шохойн чулуунаас өндөр цэвэршилттэй кальцийн карбонатыг гарган авсан. Судалгаагаар шохойн чулууг шатаах, уусгах, тунадасжуулах явцыг олон хувилбаруудтай явуулж хамгийн тохиромжтой шатаах температур-1000⁰C, уусгах хугацаа-20 минут, тунадасжуулах хугацаа-20 секунд болохыг тус тус тогтоож өгсөн. Энэхүү тохиромжтой үзүүлэлтүүдийн дагуу тунадасжуулсан кальцийн карбонатад CaCO₃-

94.47% агуулагдаж байна. Энэ нь байгалийн шохойн чулуунаас 14%-иар илүү цэвэршилттэй байна.

Бид судалгааны ажилдаа шохойн чулууг сонгон авсан нь шохойн чулуу нь байгалиасаа маш нарийн ширхэгтэй мөн хоргүй гэдгээрээ онцлог бөгөөд цаашид дээрх аргаар цэвэршүүлэн малын эрдсийн дутагдлыг нөхөх, бодисын солилцоог тэнцвэржүүлж ашиг шимийг нэмэгдүүлэх бэлдмэлийн түүхий эд гарган авах боломжтойг энэхүү судалгаа харуулж байна.

Талархал

Энэхүү судалгааны ажил нь Шинжлэх Ухаан Технологийн Сан (ШУТСан) -аас санхүүжигдсэн болно.

Ашигласан бүтээлийн жагсаалт

- [1] Kilic O., 2015, Cycle of limestone-lime and precipitated calcium carbonates. 12th Mining and Geotechnology Scientific Conference at "44. jump over the leather". Ljubljana, Slovenia, 1-5.
- [2] BGS, 2006, Limestone, British Geological Survey. United Kingdom
- [3] Karakas F., Celik M.S., 2012, Effect of quantity and size distribution of calcite filler on the quality of water borne paints. Prog. Org. Coatings 74, 555-563
- [4] Lopez-Periago A.M., Pacciani R., Garcia-Gonzalez C., Vega L.F., Domingo C., 2010, A breakthrough technique for the preparation of high-yield precipitated calcium carbonate. J. Supercrit. Fluids 52, 298–305.
- [5] Dogan O., 2007, The investigation of recovery conditions of precipitated calcium carbonate from afsin/elbistan powder plant fly ashes. Ph.D. Thesis, Cukurova University, Turkey.
- [6] Koltka S., Sabah E., 2012, Paint industry and Precipitated Calcium Carbonate (PCC). Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. Istanbul, Turkey, 47-56.
- [7] Erdogan N., Eken A.H., 2017, Precipitated calcium carbonate production, synthesis and properties. Physicochem. Probl. Miner. Process. 53 (1), 2017, 57-68.
- [8] http://portal.igg.ac.mn/dataset/1ba5ee99-ce92-4097-a443-69d562f42013/resource/2467a6ec-31ac-46e7-af10-5f2c3d74a97d/download/liminstone_paper.jpg
- [9] <https://bbl.ie/agriculture/animal-feed-lime/>

Optimum condition investigation on precipitating of calcium carbonate from natural limestone from Bayan soum

Urangoo Enkhbayar², Uyen Erdenetsogt¹, Gungeregbat Narantsetseg¹, Lkhagvasuren Narangerel¹, Enkh-Oyun Tulгаа¹, Saruul Idesh², Dolgorsuren Tsedenbal^{*1} 

¹ Institute of Veterinary Medicine, Mongolian University of Life Sciences, Zaisan 17024, Ulaanbaatar, Mongolia

² School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, Zaluuchud street, 210646, Ulaanbaatar, Mongolia

*Corresponding author: dolgorsuren.ivm@gmail.com

 - <https://orcid.org/0000-0002-3507-5569>

Received: 14.11.2020

Revised: 01.02.2021

Accepted: 10.02.2021

Abstract

Calcium carbonate (CaCO₃) is the most widely used filler material in paper, paint, plastic, food, ceramic, cosmetic, medicine and other industries. In the present paper, precipitated calcium carbonate (PCC) has been produced from natural limestone powder (NLP) by the Calcination-Dissolution-Precipitation (CDP) method. Calcination, dissolution and precipitation experiments were carried out under various conditions including: calcination temperature (800, 850, 900, 950, 1000 and 1050 °C), dissolution time (5, 10, 15, 20 and 25 min) and precipitation time (10, 20, 30, 40, 50 and 60 sec). The analyses by XRF showed that the natural limestone contains 80.97% CaCO₃ (47.39% CaO), produced PCC sample contains 94.47% CaCO₃ (55.81% CaO). It can be seen that the produced PCC sample more purified than natural limestone.

Keywords: Calcination, dissolution, precipitation, CaCO₃, Ca(OH)₂