

ТАМАҚ ӨНІМДЕРІН КАПСУЛАЛАУҒА АРНАЛҒАН ЖЕТІЛДІРІЛГЕН ҚОНДЫРҒЫ

М.М. ТАШЫБАЕВА* , А.К. КАКИМОВ , Г.А. ЖУМАДИЛОВА ,
А.Б. БАКИЕВА , А.М. МУРАТБАЕВ 

(«Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Қазақстан Республикасы,
071412, Семей қ., Глинки көш., 20А)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: marzhan06081990@gmail.com*

Капсулалар шашырату әдіспен жетілдірілген қондырғыда алынды. Ортадан тепкіш форсунка жұмыс істеу принципі оған берілген сұйықтықтың айналуына негізделген. Ағын форсункадағы сұйықтық, сұйық бөлшектердің форсункаға қатысты импульс моментінің әрекетіне байланысты, ол сұйықтық айналу кезінде пайда болады. Капсулалау материал ретінде натрий альгинаты таңдалды. Альгинат тамақ өнеркәсібі, құрғақ сусын концентраттарын алу үшін немесе фармацевтика өнеркәсібінде энтеросорбенттердің сұйық түрлерін тез дайындау үшін немесе өндірілетін әртүрлі салаларда және медицинада қолданылады. Еритін альгинаттардың тән ерекшелігі - олардың тұтқыр ерітінділер түзу қабілеті, сондықтан олар әртүрлі салаларда тиімді қоюландырғыш ретінде кеңінен қолданылады. Альгинаттар диеталық тағамдардың бөлігі ретінде диеталық талшықтың көзі ретінде де қолданылады. Тәжірибе жасау кезінде ортадан тепкіш форсунка $d = 1,2 \times 10^{-3} \text{ м}$ таңдалды. Капсулалау материалын негіздеу үшін 0,5%, 0,8%, 1% концентрациядағы натрий альгинаты ерітіндісі алынды. Гель түзетін қоспа тұтқырлығы әр түрлі температурада натрий альгинаты ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігі кезінде, $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада тұтқырлық мөлшері ротордың айналу жиілігі үшін шамалы өзгереді, ерітіндіні пайдаланудың ең қолайлы температурасы $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ алынды. Тісті сорғының $39,3 \text{ с}^{-1}$, $47,6 \text{ с}^{-1}$ жоғары айналу жиілігінде гель түзетін қоспаның тұтқырлығы төмендейді, форсунка диаметрі $1,2 \times 10^{-3} \text{ м}$ өткізу қабілеті өнімділігі артады. Ал капсулалауға арналған материал ретінде 1% натрий альгинаты концентрациясы қабылданды, алынған капсула орташа диаметрі $1,4 \times 10^{-3} \text{ м}$ болды.

Негізгі сөздер: капсула, тісті сорғы, қондырғы, ортадан тепкіш форсунка, тұтқырлық, натрий альгинат.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИНКАПСУЛИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

М.М. ТАШЫБАЕВА*, А.К. КАКИМОВ, Г.А. ЖУМАДИЛОВА,
А.Б. БАКИЕВА, А.М. МУРАТБАЕВ

(НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан, 071412,
г. Семей, ул. Глинки, 20А)

Электронная почта автора-корреспондента: marzhan06081990@gmail.com*

Капсулы получали в усовершенствованном устройстве методом распыления. Принцип работы центробежной форсунки основан на вращении подаваемой в нее жидкости. Течение жидкости в сопле зависит от действия момента импульса частиц жидкости относительно сопла, который возникает при вращении жидкости. В качестве инкапсулирующего материала был выбран альгинат натрия. Альгинат применяется в пищевой промышленности, для получения концентратов сухих напитков, или в фармацевтической промышленности для быстрого приготовления жидких видов энтеросорбентов, или в различных отраслях промышленности и медицины. Характерной особенностью растворимых альгинатов является их способность образовывать вязкие растворы, поэтому они широко используются в качестве эффективных загустителей в различных отраслях промышленности. Альгинаты также используются в качестве источника пищевых волокон в составе диетических продуктов. При проведении эксперимента была выбрана центробежная форсунка $d = 1,2 \times 10^{-3} \text{ м}$. Для обоснования капсульного материала получен раствор альгината натрия в концентрациях 0,5%, 0,8%, 1%. При зависимости вязкости гелеобразующей смеси от концентрации раствора альгината натрия при различных температурах величина вязкости при температуре $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ незначительно изменяется для частоты вращения ротора, наиболее

благоприятная температура использования раствора 40 С°. При высокой частоте вращения шестерчатого насоса 39,3 с⁻¹, 47,6 с⁻¹ снижается вязкость гелеобразующей смеси, увеличивается пропускная способность форсунки диаметром 1,2×10⁻³м. А в качестве материала для капсулирования была принята концентрация 1% альгината натрия, полученная капсула имела средний диаметр 1,4×10⁻³м.

Ключевые слова: капсула, шестерчатый насос, установка, центробежная форсунка, вязкость, альгинат натрия.

IMPROVED FOOD ENCAPSULATION UNIT

M.M. TASHYBAYEVA*, A.K. KAKIMOV, G.A.ZHUMADILOVA,
A.B. BAKIYEVA, A.M. MURATBAYEV

(NJSC Shakarim University of Semey, Kazakhstan, 071412, Semey, Glinka st., 20A)

Corresponding author's e-mail: marzhan06081990@gmail.com*

Capsules were obtained in an improved device by spraying. The principle of operation of a centrifugal nozzle is based on the rotation of the liquid supplied to it. The flow of liquid in the nozzle depends on the action of the angular momentum of the liquid particles relative to the nozzle, which occurs when the liquid rotates. Sodium alginate was chosen as the encapsulating material. Alginate is used in the food industry, to produce concentrates of dry beverages, or in the pharmaceutical industry for the rapid preparation of liquid types of enterosorbents, or in various industries and medicine. A characteristic feature of soluble alginates is their ability to form viscous solutions, which is why they are widely used as effective thickeners in various industries. Alginates are also used as a source of dietary fiber in dietary products. During the experiment, a centrifugal nozzle $d = 1.2 \times 10^{-3} \text{m}$ was selected. To substantiate the capsule material, a solution of sodium alginate in concentrations of 0,5%, 0,8%, and 1% was obtained. When the viscosity of the gelling mixture depends on the concentration of the sodium alginate solution at different temperatures, the viscosity at a temperature of 40 °C varies slightly for the rotor speed, the most favorable temperature for using the solution is 40 °C. At a high speed of rotation of the gear pump 39,3 s⁻¹, 47,6 s⁻¹, the viscosity of the gel-forming mixture decreases, and the throughput of the nozzle with a diameter of $1,2 \times 10^{-3} \text{m}$ increases. And a concentration of 1% sodium alginate was used as the material for encapsulation, the resulting capsule had an average diameter of $1,4 \times 10^{-3} \text{m}$.

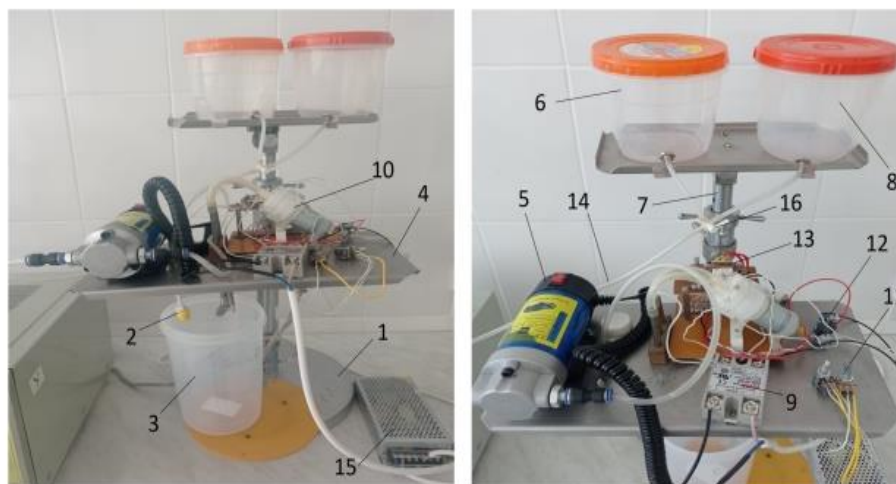
Keywords: capsule, gear pump, installation, centrifugal nozzle, viscosity, sodium alginate.

Kіpіcne

«Қазақстан Республикасының Президенті Қасым – Жомарт Тоқаевтың «Жасанды интеллект дәуіріндегі Қазақстан: өзекті мәселелер және оны түбегейлі цифрлық өзгерістер арқылы шешу» атты Қазақстан халқына жолдауында: «Ауыл шаруашылығын жаңа деңгейге көтеру қажет. Өнімдер әлемнің көптеген еліне тасымалданады. Мұндай жобалардың ауқымын кеңейту қажет. Әр аймақта дайын өнімді өндірістен дүкен сөресіне дейін жеткізетін әрбір өңірдің ерекшелігіне қарай біртұтас желі қалыптасуы керек. Көптеген аймақта өндірістің барлық сатысын қамтитын үздік агрокәсіпорындар бар. Бұл кәсіпорындар цифрландыру тәсілдерін жаппай енгізу арқылы өндірістің тиімділігін әлдеқайда арттырып жатыр. Үздік агрокәсіп-орындар ауыл шаруашылығы өнімін шығару-дан бастап оны терең өңдеуге дейін тұтас өндірісті толығымен жолға қойып, зор

табысқа жетіп отыр. Сондықтан осындай агрохолдинг-тердің тәжірибесін тарату үшін барынша жағдай жасаған жөн» деп айтылды [1].

Тамақ өнімдерін капсулалауға арналған жетілдірілген қондырғы. Жұмыс блогына 1 штатив кіреді, оған екі консоль қозғалып тұрады. Төменгі консольға салқындату ерітіндісі мұзды суға арналған 3 контейнер орналастырылған. Екінші консольде 4 жетек панелі қойылған. Капсулалау ерітіндісі бар контейнерлерге арналған панельде жұмыс қоспасына арналған контейнер 6 және сұйықтықты шаюға арналған контейнер 8 бар. Панель реттелетін гайкамен 7 биіктікке реттеліп отырады. Атқарушы құрылғылар панелінде орналасқан: айналым сорғысы 10, тісті сорғы 5. Капсулалауға арналған жетілдірілген қондырғы 1-ші суретте көрсетілгендей [2].



Сурет 1. Капсулалауға арналған жетілдірілген қондырғы

1– штатив; 2 – ортадан тепкіш форсунка; 3 – контейнер (ерітіндіге арналған); 4 – қозғағыш панель; 5 – тісті сорғы; 6 – қоспаға арналған контейнер; 7 – реттегіш гайка; 8 – контейнер (шаяуға арналған); 9 – бір фазалы қатты күйдегі реле; 10 – айналым сорғысы; 11 – айнымалы сым резисторлары; 12 – тұрақты кернеуді төмендететін тұрақтандырғыш; 13 – термостат, 14 – құбырлар, 15 – қуат көзі.

Ортадан тепкіш форсункалар тангенциалды кірістері немесе айдалатын сұйықтыққа айналым қозғалыс беретін шнегі (немесе ұқсас элементі) болады. Форсунка арнасында сұйық жұқа қабықша түрінде өз қабырғасы бойымен қозғалады, ал ортасы ауа күйінды деп аталатын күйіндымен толтырылады. Форсункадан ағып жатқанда пленка ыдырап, қуыс конус түріндегі алауды құрайды [3].

Альгинат – қоңыр балдырлардан алынған табиғи жоғары молекулалы полисахаридтер. Химиялық құрылымы бойынша альгинаттар альгин қышқылының тұзы болып табылады, ол өз кезегінде D маннурон және L гулулон қышқылдарынан тұрады. Еритін альгинат-тардың тән ерекшелігі – олардың тұтқыр ерітінділер түзу қабілеті, сондықтан олар әртүрлі салаларда тиімді қоюландырғыш ретінде кеңінен қолданылады [4].

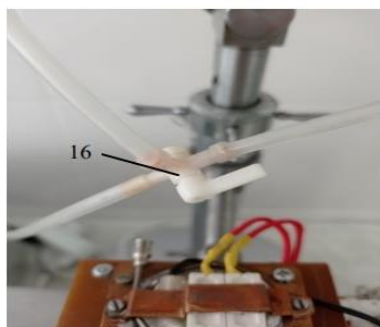
Тірі микроорганизмдер пробиотиктерді тұтынған кезде адам ағзасы жақсы жұмыс істей бастайды [5]. Капсулалау пробиотиктердің өміршеңдігін сақтайды, бұл асқазан-ішек жолдарының оңтайлы жұмысының маңызды аспектісі [6]. Капсулалау – биологиялық белсенді заттарды дәрілерді қабыққа енгізу. Құрамында қасиеттер бар капсулаланған материалды қорғау үшін қабырға орнатылады. Қабырғаға

берілген жағдайда өткізгіш материалдан босап шығады [7, 8].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Қондырғы келесідей үлгі бойынша жұмыс істейді: 40°C температураға дейін қыздырылған гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісі 6, жұмыс қоспасына арналған контейнерге құйылады. Ерітіндіге арналған 3 контейнерге 0-ден 5 °C-қа дейінгі температураға дейін салқындатылған кальций хлоридінің 2% ерітіндісі болып табылатын форма түзетін сұйықтық құйылады. Бұл жағдайда 16 ауыстырып - қосқыш клапан құбырлар жүйесіне 2-суретте көрсетілгендей гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісі түсетін етіп бұрылады. 3-суретте көрсетілгендей $d=1,2 \times 10^{-3}$ м үлгідегі ортадан тепкіш форсунка таңдалды.

Тісті сорғы сұйықтықты ерітінді ыдысынан ортадан тепкіш форсункаға жеткізуге арналған. Термостат 13 жүйеде белгіленген температураны ұстап тұрады. Ерітінділерге арналған контейнерлер, термостат, тісті сорғы силикон 14 құбырлармен қосылған. Панельде сонымен қатар тісті сорғыға құбырлар арқылы ортадан тепкіш форсунка жалғанған. Жұмыс ыдысындағы ерітінді ортадан тепкіш форсунка арқылы шашырату әдіспен (CaCl_2) салқындатылған ерітіндісі бар контейнерге құйылады [9, 10].



а)



в)

Сурет 2. Ауыстырып қосқыш клапаны (а)

Тісті сорғы (в)



Сурет 3. Ортадан тепкіш форсунка $d = 1,2 \times 10^{-3} \text{ м}$

Жұмыс ыдысындағы ерітінді ортадан тепкіш форсунка тесік арқылы шашырату әдіспен (CaCl_2) салқындатылған ерітіндісі бар контейнерге түседі.

Келесіде гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісі тісті сорғы арқылы 5 сұйықтықты шашырату орын алатын 2 ортадан тепкіш форсункаға жіберіледі.

Гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісін өндіргеннен кейін қондырғы өшіріледі және қалыптаушы сұйықтықтан алынған капсулалар сүзіледі және тазартылған суда жуылады.

Натрий альгинаты гель түзетін қоспа сулы ерітіндісі ретінде алынды. Ерітінді келесідей алынды: натрий альгинаты 1% концентрациясы дайындалды. Натрий альгинаты қоспасы өлшенген стаканда, электромагнитті қыздырылған араластырғышқа қоямыз және ерітінді толық ерігенше араластырылады. 60°C қыздыру температура-сына қоямыз, себебі 60°C -тан төмен температурада натрий альгинаты нашар ериді, ал 60°C -тан жоғары температурада натрий альгинаты жинала бастайды. Натрий альгинаты ерігеннен қоспасы 40°C температураға дейін салқындатылды. Алынған қоспаға *Propionibacterium freudenreichii*

пропион қышқылы бактерияларының штаммы қосылды. Кальций хлоридінің 2% қалыптау қоспасы дайындалады. Оған 98 мл тазартылған су алып, 2 грамм кальций хлориді қосамыз. Кальций хлориді ерітіндісі ерігеннен соң қалып түзетін қоспа дайын болады [11]. Гель түзетін қоспадан шашырату арқылы тамшылар қалыптастыру үшін бүріккіш пульверизатор пайдаланылды. Ортадан тепкіш форсункадан тамшылар шашырайды, кальций хлориді ерітіндісіне толығымен батырылып, натрий альгинаты кальций хлоридімен әрекеттесуінен, кальций альгинатынан тұратын капсулалар түзіледі. Соңында дөңгелек пішінді капсулалар алынды.

Гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісінің тұтқырлығын анықтау. Белгілі болғандай, дөңгелек шкаласы бар аналогтық вискозиметрлер қарапайым және қолдануға ыңғайлы. Тұтқырлықты өлшеу үшін вискозиметрдің негізгі жұмыс денесін тік цилиндрлік штангаға бекіту керек. Вискозиметр корпусында электр қозғалтқышының шығыс білігіне ротор бекітіледі. Ротордың айналу жылдамдығын реттегіштің айналу жиілігі 0-ден 100 айн/мин аралығында болады.

Бөлу шкаласы бар дөңгелек теру 4-суретке сәйкес вискозиметр корпусында орналасқан.

Тұтқырлықты өлшеу әдістемесі бірнеше кезеңнен тұрады: Сынаманы көлемі кемінде 600 мл химиялық ыдысқа орналастыру жолымен дайындау. Ротордың дұрыс ұшын таңдау және оны ротордың шығыс білігіне

бекіту. Қажетті ұштың түрі зерттелетін сұйықтықтың тұтқырлығына байланысты анықталады. Гель тәрізді ортада өлшеу жүргізу үшін № 4 ротордың ұшын пайдалану қажет. Өлшенетін қоспаның түріне сәйкес келмейтін ұштардың басқа түрлерін пайдалану өлшеудің тиісті нәтижелерін бермейді [12; 13].



Сурет 4. Дөңгелек шкаласы бар Брукфилдтің аналогтық вискозиметрі

1- штанга; 2 - станина; 3 - қысқыш; 4 - ротор; 5 - жылдамдық реттегіші; 6 - бұранда; 7 - дөңгелек шкала; 8 - қорғаныс жақтауы.

1. Зерттелетін сынамаға жұмыс элементін орналастыру. 2. Вискозиметрді қосу. 3. Ротордың қажетті айналу жылдамдығын анықтау. 4. Көрсеткіштерді тұрақтандыру (тұрақтандыру уақыты орта есеппен ротордың 5 айналымынан кейін анықталады және айналу жылдамдығына және зерттелетін сұйықтықтың сипаттамаларына тікелей байланысты). 5. Дөңгелек шкаладан көрсеткіштерді алу.

Капсулалар микроқұрылымын анықтау. 1. Алдымен капсулалар ретімен 30%, 50% және 70% изопропил спирті ерітінділеріне салынып, әрбір ерітіндіде 3 сағат ұсталды. Кейін олар 100% изопропил спирті бар ыдысқа ауыстырылып, сусыздандыру мақсатында кемінде 6 сағат бойы сақталды. 2. Осыдан кейін капсулалар 30%, 50% және 70% концентрациядағы терт-бутил спирті ерітінділеріне салынып, соңында 100% терт-бутил спиртіне ауыстырылды. 100% терт-бутил спирті +25 °C температурада қату қасиетіне ие болғандықтан, үлгілер мұздатылған күйде бекітілді. 3. JEOL (Жапония) фирмасының JFD-320 мұздатып кептіру қондырғысында вакуум әсерінен терт-бутил спирті мұздатылған күйден бірден бу күйіне өтеді. Бұл капсула құрамынан терт-бутил спиртін толық жоюға және оның құрылымын бұзбай сақтауға мүмкіндік береді. 4. Кейін JEOL (Жапония) фирмасының JEE-420 вакуумды тұндыру қондырғысында капсула-ның кесілген бетіне жұқа көміртекті қабат жағылады, бұл

жоғары контрастылы кескіндер алуға мүмкіндік береді. 5. Дайындалған капсулалар екі жақты көміртекті таспа көмегімен бекітіліп, микроскоп камерасына орналастырылады. Одан кейін үлгі беті сканерленіп, оның құрылымы зерттеледі [14].

Нәтижелер және оларды талқылау

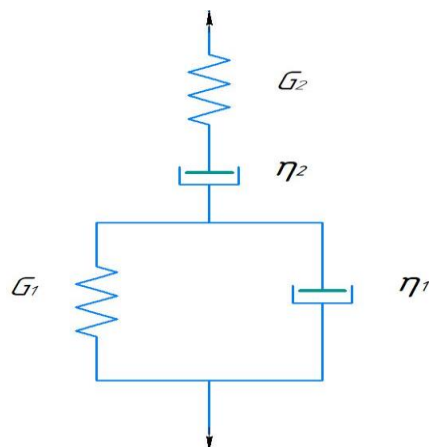
Бингам, Шведов, Шофильд-Скоттблер, Пелег механикалық модельдерін қолдана отырып және механикалық әсер ету кезінде гель тәрізді шикізаттың әрекетін сипаттау үшін негіздеме жүргізе отырып, реологиялық дене-нің механикалық моделін алуға болады. Берілген реологиялық дене моделі – Бюргерс моделі 5-суретке сәйкес, яғни Максвеллдің тұтқыр-серпімді босаңсытатын денесінің және гель тәрізді ортаға арналған тұтқыр-серпімді Кельвин-Фойгт денесінің дәйекті механикалық моделі.

Осылайша, берілген модель үшін гель тәрізді шикізаттың жалпы деформациясы Максвелл денесінің деформацияларының қосындысы және уақыт өте келе серпімді деформацияның өзгеруі болып табылатын серпімді әсер құбылысын көрсететін шикізаттың әрекетін модельдейтін элемент болып табылады [14].

$$\Delta\gamma = \Delta\gamma_M + \Delta\gamma_K,$$

мұндағы, $\Delta\gamma_M$ – Максвелл моделінің деформациясы;

$\Delta\gamma_K$ – Кельвин – Фойгт моделінің деформациясы



Сурет 5. Бюргерс механикалық моделі

$\dot{\gamma}G_1$ – лездік серпімді деформация модулі, Па; G_2 – баяу серпімді деформация модулі, Па; η_1 – Ньютон тұтқырлығы, Па·с; η_2 – пластикалық ығысу тұтқырлығы, Па·с.

Теңдеудің сол және оң бөліктерінен алынған уақыт туындысы (1.1) келесідей:

$$\frac{d\gamma}{d\theta} = \frac{d\gamma_M}{d\theta} + \frac{d\gamma_K}{d\theta}.$$

Максвелл моделінің реологиялық теңдеуі мәнді анықтайды $\frac{d\gamma_M}{d\theta}$:

$$\frac{d\gamma_M}{d\theta} = \frac{1}{G_1} \frac{\theta}{d\theta} + \frac{\theta \cdot t}{\eta_1} \quad (1.3)$$

$\frac{d\gamma_K}{d\theta}$ мәні Кельвин - Фойгт моделінің реологиялық теңдеуімен анықталады:

$$\frac{d\gamma_K}{d\theta} = \left(\frac{\theta}{G_2 \cdot d\theta} \right) \cdot [1 - e^{(-G_2 \cdot t / \eta_2)}] \quad (1.4)$$

Бұл мәнді (1.2) өрнекке ауыстырып, гель тәрізді шикізат үшін Бюргерс теңдеуін аламыз: [14].

$$\dot{\gamma} = \frac{\theta}{G_1} + \frac{\theta \cdot t}{\eta_1} + \left(\frac{\theta}{G_2} \right) \cdot [1 - e^{(-G_2 \cdot t / \eta_2)}]$$

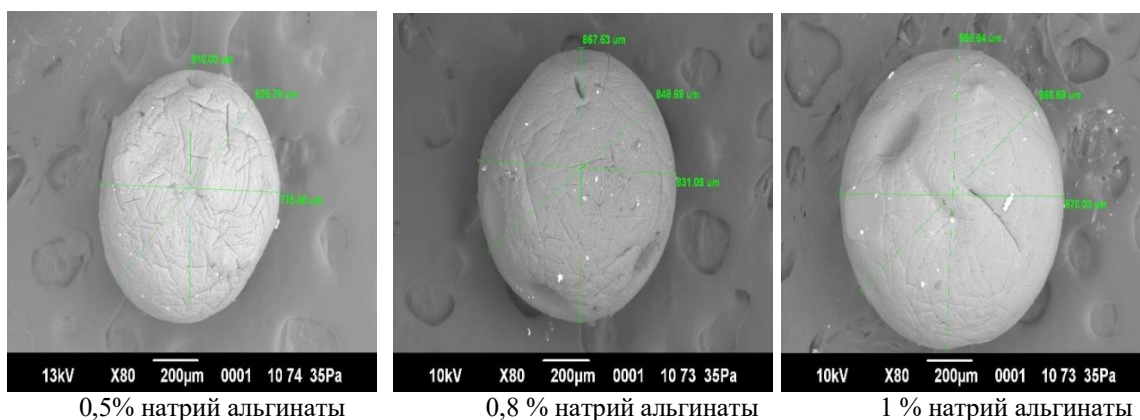
мұндағы: $\dot{\gamma}$ – жылдамдық градиенті, c^{-1} ; G_1 – лездік серпімді деформация модулі, Па; G_2 – баяу серпімді деформация модулі, Па; η_1 – ньютондық тұтқырлық, Па·с; η_2 – ығысу кезіндегі пластикалық тұтқырлық, Па·с; θ – ығысу кернеуі, Па; t – уақыт, с.

Форсункалардың геометриялық өлшемдерін анықтау үшін рентгендік талдау жүйесімен жабдықталған JEOL (Жапония) фирмасының «JSM-6390LV» төмен вакуумды аналитикалық сканерлеуші электронды

микроскопы (SEM) пайдаланылды. Сонымен қатар, «OXFORD INSTRUMENTS» (Ұлыбритания) компаниясының «INCA ENERGY 250» микроанализ жүйесі қолданылды. Бұл микроскоп материал құрылымын 30-дан 300

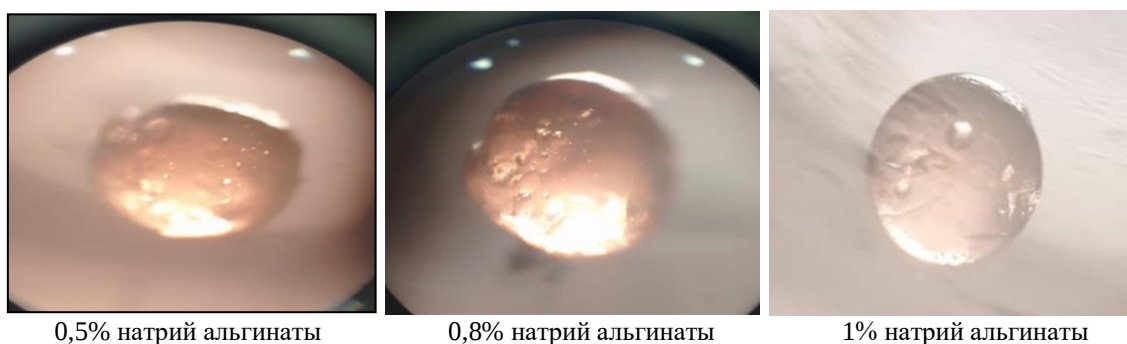
000 есеге дейін үлкейтіп зерттеуге, жоғары және төмен вакуум режимдерінде жұмыс істеуге, зерттелетін үлгінің химиялық құрамын

0,1% дәлдікпен анықтауға және оны карта түрінде бейнелеуге мүмкіндік береді (6-сурет)[14].



Сурет 6. Форсунка тесік диаметрі $1,2 \times 10^{-3}$ м алынған капсулалар

Капсулалар жетілдірілген қондырғыда шашырату әдіспен алынды. Капсулалау материалы ретінде натрий альгинаты таңдалды. Ортадан тепкіш форсунка диаметрі $d=1,2 \times 10^{-3}$ м алынды, микроскоптау нәтижелері 7-суретте көрсетілген.



Сурет 7. Форсунка тесік диаметрі $d=1,2 \times 10^{-3}$ м алынған микроскоптау нәтижелері

Таңдалған капсулалау материалды негіздеу үшін 0,5%, 0,8%, 1% концентрациядағы натрий альгинаты капсула түзілу мүмкіндігін анықтау үшін тәжірибелік зерттеулер жүргізілді [14].

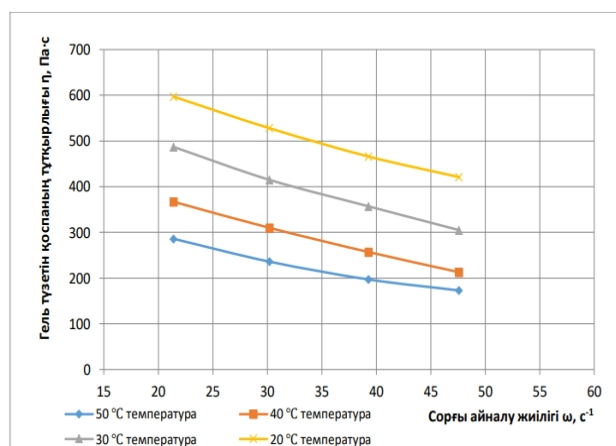
Сонымен, форсункадағы тесік диаметрі $d=1,2 \times 10^{-3}$ м тәжірибе жасау кезінде, капсулалардың 0,5% натрий альгинат концентрациясында алынған капсулалар пішіні дұрыс және құрылымы біркелкі, жұмсақ консистенциясы бар, физикалық әсер ету кезінде оңай бұзылады, орташа диаметрі $1,1 \times 10^{-3}$ м болды.

Ал 0,8% натрий альгинат концентрациясында алынған капсулалар, пішіні дұрыс және құрылымы біркелкі, жұмсақ консистенциясы бар, физикалық әсер ету кезінде

оңай бұзылады, орташа диаметрі $1,3 \times 10^{-3}$ м болды.

1% альгинат концентрациясында тұтқырлығы жоғары болуына байланысты алынған капсулалар, дөңгелек пішінді және біркелкі, жұмсақ, физикалық әсер ету кезінде тұрақты, орташа диаметрі $1,4 \times 10^{-3}$ м болды.

Капсулалауға арналған материал ретінде 1% натрий альгинаты концентрациясы қабылданды, себебі алынған капсулалар талаптарға сәйкес келеді, алынған капсула орташа диаметрі $1,4 \times 10^{-3}$ м болды. Осы құрамнан жасалған капсулалар әдемі дөңгелек пішінді, құрылымы біркелкі, жұмсақ консистенциялы, физикалық әсерге төзімді болып келеді.

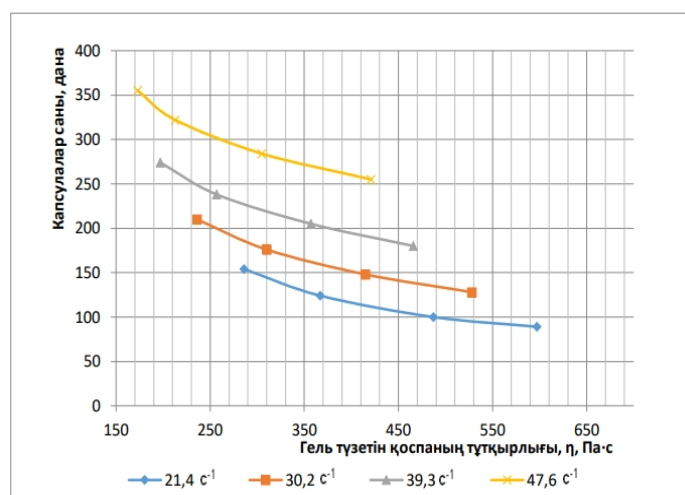


Сурет 8. Капсула алуға арналған тәжірибелік қондырғыда тісті сорғының әр түрлі айналу жиілігі кезінде ерітінді температурасының гель түзетін қоспаның тұтқырлығына тәуелділігі

Гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісінің тұтқырлығын анықтау. Капсулалар алу үшін тәжірибелік қондырғыда 8-суретте көрсетілгендей тісті сорғының айналу жиілігі мен ерітінді температурасынан, гель түзетін қоспаның тұтқырлығының тәуелділігі, гель түзетін қоспаның температурасы көтерілуімен тұтқырлығы төмендейтіндігі көрінеді, бұл ретте 40°C және 50°C температурада тұтқырлығы шамалы өзгереді, мұны ескере отырып, 40°C температурасын неғұрлым қолайлы деп қабылдауға болады.

Капсулалауға арналған тәжірибелік қондырғыда

9-суретте көрсетілгендей тісті сорғының әр түрлі айналу жиілігінде алынатын капсулалар санының гель түзетін қоспаның тұтқырлығына тәуелділігі, гель түзетін қоспаның тұтқырлығының азаюымен алынатын капсулалардың саны артатыны көрінеді. Тісті сорғының 47,6 с⁻¹ айналу жиілігі оңтайлы болды, себебі алынған капсулалар саны артты. Мұны тұтқырлықтың төмендеуі кезінде гель түзетін қоспаның тығыздығы және тиісінше уақыт бірлігінде ортадан тепкіш форсунка тесігі арқылы өтетін сұйықтықтың көлемі артуымен түсіндіруге болады [14, 15].



Сурет 9. Капсула алуға арналған тәжірибелік қондырғыда, алынатын капсулалар саны тісті сорғының әр түрлі айналу жиілігі кезінде гель түзетін қоспаның тұтқырлығына тәуелділігі

Қорытынды

Жұмыс ыдысындағы ерітінді ортадан тепкіш форсунка тесік арқылы шашырату әдіспен (CaCl_2) салқындатылған ерітіндісі бар

контейнерге түседі. Тұтқырлықты өлшеу үшін вискозиметрдің негізгі жұмыс денесін тік цилиндрлік штангаға бекіту керек. Вискозиметр корпусында электр қозғалтқышының шығыс

білігіне ротор бекітіледі. Ротордың айналу жылдамдығын реттегіштің айналу жиілігі 0-ден 100 айн/мин аралығында болады. Тәжірибе жасау кезінде ортадан тепкіш форсунка $d=1,2 \times 10^{-3}$ м таңдалды. Капсулалау материалы ретінде 0,5%, 0,8%, 1% концентрациядағы натрий альгинаты ерітінді-лері алынды, 1% натрий альгинат концентрациясында тұтқырлығы жоғары болуына байланысты алынған капсулалар, дөңгелек пішінді және біркелкі, жұмсақ, физикалық эсер ету кезінде тұрақты, орташа диаметрі $1,4 \times 10^{-3}$ м болды. Гель түзетін қоспа тұтқырлығы әр түрлі температурада натрий альгинаты ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігі кезінде, 40 °C температурада тұтқырлық мөлшері ротордың айналу жиілігі үшін шамалы өзгереді, ерітіндіні пайдаланудың ең қолайлы температурасы 40 °C алынды. Тісті сорғының $39,3 \text{ c}^{-1}$, $47,6 \text{ c}^{-1}$ жоғары айналу жиілігінде гель түзетін қоспаның тұтқырлығы төмендейді, форсунка диаметрі $1,2 \times 10^{-3}$ м өткізу қабілеті өнімділігі артады.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстан Республикасының Президенті Қасым – Жомарт Тоқаевтың «Жасанды интеллект дәуіріндегі Қазақстан: өзекті мәселелер және оны түбегейлі цифрлық өзгерістер арқылы шешу» атты Қазақстан халқына жолдауы. - Астана. – 2025.
2. Tashybayeva M., Kakimov A., Ibragimov N., Zhumadilova G., Muratbayev A., Jumazhanova M., Idyryshev B., Kapshakbayeva Z., Bepeyeva A. Optimization of encapsulation parameters for sodium alginate capsules: A study on the effect of temperature and gear pump rotation speed on capsule production and quality // *Food Process Engineering*. – 2024. - №47(7). – 14687 p. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14687>.
3. Пажі Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыления жидкостей. – М.: Химия, 1984. – 256 с.
4. Пат. RU 2395525 –Россия, МПК C08B 37/04. Способ получения альгината кальция. Ковалев В.В., Хотимченко М.Ю., Хотимченко Ю.С. опубл. 27.07.2010. – 9 с.
5. Kakimov A., Kakimova Zh., Mirasheva G., Bepeyeva A., Toleubekova S., Jumazhanova M., Zhumadilova G., Yessimbekov Zh. Amino Acid Composition of Sour-milk Drink with Encapsulated Probiotics // *Annual Research & Review in Biology Article*. - 2017. - №18(1). – 36079 p.
6. Какимов А.К., Какимова Ж.Х., Бепеева А.Е., Джумажанова М.М., Жумадилова Г.А. Безопасность, функциональные и технологические свойства пробиотических бактерий // Сборник научных трудов, посвященный 60-летию отдела сибниис федеральное государственное бюджетное научное учреждение Фанца. Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий. – Барнаул: Новый формат, 2018. – 216 с.
7. Champagne C.P., Kailasapathy K. Encapsulation of probiotics / In: *Delivery and Controlled Release of Bioactives in Foods and Nutraceuticals*. Woodhead publishing Ltd.- Cambridge: UK, 2008.- P. 344– 369.
8. Chen M.J., Chen, K.N. Applications of probiotic encapsulation in dairy products/ In: *Encapsulation and Controlled Release Technologies in Food Systems*. - USA: Wiley-Blackwell, 2007- P. 83–107.
9. Jumazhanova M., Kakimova Z., Zharykbasov Y., Kassymov S., Zhumadilova G., Muratbayev A., Tashybayeva M., Suychinov A. Effect of the Encapsulation Process on the Viability of Probiotics in a Simulated Gastrointestinal Tract Model Medium // *Processes*. – 2023. - № 11. – 2757 p. <https://doi.org/10.3390/pr11092757>.
10. ҚР пайдалы модельге патенті № 9093. Ташыбаева М.М., Какимов А.К., Майоров А.А., Ибрагимов Н.К., Джумажанова М.М., Жумадилова Г.А., Муратбаев А.М., Бакиева А.Б., Дукенбаев Д.К. Капсулаған өнімдерді өндіруге арналған қондырғы. 03.05.2024.
11. Жумадилова Г.А., Какимов А.К., Абдилова Г.Б., Ибрагимов Н.К., Ташыбаева М.М. Разработка состава гелеобразующей смеси для оборудования инкапсулирования пробиотиков // *Вестник Алматинского технологического университета*. - Алматы. - 2023. - №2 (140).- С.38-46.
12. Какимов А.К., Есимбеков Ж.С., Кабулов Б.Б., Бепеева А.Е. Ротационные вискозиметры Брукфильда в исследовании пищевых продуктов // *Вестник ГУ имени Шакарима города Семей*. - 2015. - №3 (71). – С. 87-91.
13. Kakimov, A., Yessimbekov, Z., Bepeyeva, A., Kabulov, B., Kakimova, Z. Consistency cone penetrometry for food products // *Pakistan Journal of Nutrition*. - 2015 - № 14 (11). - P. 837-840.
14. Ташыбаева М.М. Тамақ өнімдерін капсулалауға арналған қондырғыны жетілдіру. - Семей: «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, 2024. – 114 б.
15. Ташыбаева М.М., Какимов А.К., Майоров А.А., Жумадилова Г.А. Установка для капсулирования пробиотиков // *Вестник КазУТБ*. – Астана. – 2024. - №3. – С.399-410. <https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.24-353>

REFERENCES

1. Qasym–Zhomart Toqae. Zhasandy intellekt дәуіріндегі Qazaqstan: özehti мәseleler және оны түbegeyli tsifrdyq özgertister arqyly шеу ["Kazakhstan in the Era of Artificial Intelligence: Current Issues and Their Solution through Fundamental Digital Transformations"]. – Astana, 2025. (in Kazakh).
2. Tashybaeva M., Kakimov A., Ibragimov N., Zhumadilova G., Muratbayev A., Jumazhanova M., Idyryshev B., Kapshakbayeva Z., Bepeyeva A. Optimization of encapsulation parameters for sodium alginate capsules: A study on the effect of temperature and gear pump rotation speed on capsule production and quality

// Food Process Engineering. – 2024. – №47(7). – 14687 p. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14687>.

3. Pazhi D.G., Galustov V.S. *Osnovy tekhniki raspyleniya zhidkostey* [Fundamentals of Liquid Spray Technology]. – Moscow: Khimiya, 1984. – 256 p. (in Russian).

4. Pat. RU 2395525 – Russia, IPC C08B 37/04. *Sposob polucheniya alginata kal'tsiya* [Method for obtaining calcium alginate]. Kovalev V.V., Khotimchenko M.Yu., Khotimchenko Yu.S. Publ. 27.07.2010. – 9 p. (patent in Russian).

5. Kakimov A., Kakimova Zh., Mirasheva G., Bepeyeva A., Toleubekova S., Jumazhanova M., Zhumadilova G., Yessimbekov Zh. Amino Acid Composition of Sour-milk Drink with Encapsulated Probiotics // *Annual Research & Review in Biology*. – 2017. – №18(1). – 36079 p.

6. Kakimov A.K., Kakimova Zh.Kh., Bepeyeva A.E., Dzhumazhanova M.M., Zhumadilova G.A. Bezopasnost', funktsional'nye i tekhnologicheskie svoystva probioticheskikh bakteriy [Safety, Functional and Technological Properties of Probiotic Bacteria] // *Sbornik nauchnykh trudov, posvyashchenny 60-letiyu otzela SibNIIS Federal'nogo gosudarstvennogo byudzhethnogo nauchnogo uchrezhdeniya FANCA. Aktual'nye problemy tekhniki i tekhnologii pererabotki moloka*. – Barnaul: Novyy format, 2018. – 216 p. (in Russian).

7. Champagne C.P., Kailasapathy K. Encapsulation of probiotics // In: *Delivery and Controlled Release of Bioactives in Foods and Nutraceuticals*. – Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 2008. – P. 344–369.

8. Chen M.J., Chen K.N. Applications of probiotic encapsulation in dairy products // In: *Encapsulation and Controlled Release Technologies in Food Systems*. – USA: Wiley-Blackwell, 2007. – P. 83–107.

9. Jumazhanova M., Kakimova Z., Zharykbassov Y., Kassymov S., Zhumadilova G., Muratbayev A., Tashybaeva M., Suychinov A. Effect of the Encapsulation Process on the Viability of Probiotics in a Simulated

Gastrointestinal Tract Model Medium // *Processes*. – 2023. – №11. – 2757 p. <https://doi.org/10.3390/pr11092757>.

10. Qazaqstan Respublikasynyn paidaly modelge patenti № 9093. Tashybaeva M.M., Kakimov A.K., Mayorov A.A., Ibragimov N.K., Dzhumazhanova M.M., Zhumadilova G.A., Muratbayev A.M., Bakiyeva A.B., Dukenbaev D.K. Kapsulag'an öndiristerdi öndirye arnalğan qondyrgy [Device for Production of Encapsulated Products]. 03.05.2024. (in Kazakh).

11. Zhumadilova G.A., Kakimov A.K., Abdilova G.B., Ibragimov N.K., Tashybaeva M.M. Razrabotka sostava geleobrazuyushchey smesi dlya oborudovaniya inkapsulirovaniya probiotikov [Development of a Gel-forming Mixture Composition for Encapsulation Equipment of Probiotics] // *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta*. – Almaty, 2023. – №2 (140). – P. 38–46. (in Russian).

12. Kakimov A.K., Yesimbekov Zh.S., Kabulov B.B., Bepeeva A.E. Rotatsionnye viskozimetry Brukfilda v issledovanii pishchevykh produktov [Brookfield Rotational Viscometers in the Study of Food Products] // *Vestnik GU imeni Shakarima goroda Semey*. – 2015. – №3 (71). – P. 87–91. (in Russian).

13. Kakimov A., Yessimbekov Zh., Bepeyeva A., Kabulov B., Kakimova Z. Consistency cone penetrometry for food products // *Pakistan Journal of Nutrition*. – 2015. – №14(11). – P. 837–840.

14. Tashybaeva M.M. Tamaq önimderin kapsulalağa arnalğan qondyrgyny zhetildiru [Improvement of Equipment for Food Encapsulation]. – Semey: “Shakarim atyndagy Semey qalasynyn universiteti” KEAQ, 2024. – 114 p. (in Kazakh).

15. Tashybaeva M.M., Kakimov A.K., Mayorov A.A., Zhumadilova G.A. Ustanovka dlya kapsulirovaniya probiotikov [Device for Encapsulation of Probiotics] // *Vestnik KazUTB*. – Astana, 2024. – №3. – P. 399–410. <https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.24-353>. (in Russian).