

and Business Media LLC.
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-03951-y>

7. Guilherme Sebastião, V., Batista, D., Rebellato, A. P., Alves Macedo, J., Steel, C. J. Sustainable production of naturally colored extruded breakfast cereals from blends of broken rice and vegetable flours. *Food Research International*. Vol. 172, (2023): 113078. Elsevier BV.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113078>

8. Santos D., Pintado M., da Silva J. A. L. Potential nutritional and functional improvement of extruded breakfast cereals based on incorporation of fruit and vegetable by-products-A review //Trends in Food Science & Technology. – 2022. – V. 125. – P. 136-153.<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.05.010>

9. Ferreira S. M., Capriles V. D., Conti-Silva A. C. Breakfast cereals with inulin obtained through thermoplastic extrusion: Chemical characteristics and physical and technological properties //LWT. – 2021. – V. 137. – P. 110390.<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110390>

10. Salvador-Reyes R. et al. Andean purple maize to produce extruded breakfast cereals: impact on techno-functional properties and sensory acceptance //Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2023. – V. 103. – №. 2. – P. 548-559.<https://doi.org/10.1002/jsfa.12165>

11. Dias-Faceto L. S., Conti-Silva A. C. Texture of extruded breakfast cereals: Effects of adding milk on the texture properties and on the correlations between instrumental and sensory analyses //Journal of Texture

Studies. – 2022. – V. 53. – №. 2. – P. 220-231.<https://doi.org/10.1111/jtxs.12666>

12. Allai F. M. et al. Effect of extrusion processing conditions on the techno-functional, antioxidant, textural properties and storage stability of wholegrain-based breakfast cereal incorporated with Indian horse chestnut flour //Italian Journal of Food Science. – 2022. – V. 34. – №. 3. – P. 105-123.<https://doi.org/10.15586/ijfs.v34i3.2238>

13. Rehal J., Sharma S., Nagi H. P. S. Breakfast Cereals-An Overview //Jagminder Book Agency, New Delhi. – 2022.C. 220-231.

14. Owheruo J. O. et al. Evaluation of nutraceutical property of extruded breakfast cereal produced from blends of malted finger millet (Eleusine coracana) and watermelon (Citrullus lanatus) seed flour //Vegetos. – 2023. – P. 1-15.

15. Senevirathna S. S. J. et al. Optimisation of extrusion conditions for production of antioxidant-rich extruded breakfast cereals from purple sweet potato (Ipomoea batatas L.) and red rice using response surface methodology //International Food Research Journal. – 2023. – V. 30. – №. 2.

16. Tatari S. et al. The effect of extrusion variables on physical and functional properties of expanded breakfast cereal based on whole oleaster and oat flours //Journal of food science and technology (Iran). – 2022. – V. 19. – №. 124. – P. 257-269.

17. Sebastiao V.G. Sustainable production of naturally colored extruded breakfast cereals from blends of broken rice and vegetable flours //Food Research International. – 2023. – V. 172. – P. 113078.

FTAMP 65.09.03; 65.09.05

<https://doi.org/10.48184/2304-568X-2025-2-89-98>

ШАШЫРАТУ ӘДІСІМЕН КАПСУЛАЛАР АЛУҒА АРНАЛҒАН ҚОНДЫРҒЫ

М.М. ТАШЫБАЕВА*  , А.К. КАКИМОВ  , А.Б. БАКИЕВА  ,

Г.А. ЖУМАДИЛОВА  , А.М. МУРАТБАЕВ 

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

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

Капсулалауға арналған қондырғыда тісті сорғы, шашыратуға арналған ортадан тепкіш форсунка қолданылды. Капсулалау материалына 0,8%, 1% натрий альгинаты алынды. Тәжірибе жүргізу кезінде 1% натрий альгинат концентрациясында алынған капсулалар, дөңгелек пішінді және біркелкі, жұмсақ, бірақ физикалық әсер ету кезінде тұрақты және орташа диаметрі $1,2 \times 10^{-3}$ м болды. Бір килограмм тек капсулаларын алу үшін, капсулалармен толтырылған көлемнен $V_z = 1,404 \cdot 10^{-3}$ м³ алу керек. Бұл сағатына берілген өнімділікке сәйкес келеді. Турбулентті қозғалыс сұйықтық бөлшектерінің үздіксіз араласуымен сипатталады. Негізінен ағын бойымен бойлық бағытта қозғалатын бөлшектердің көлденең қозғалыстары бар, олардың қозғалыс траекториялары өте күрделі. Ортадан тепкіш форсункалар заманауи бүріккіш құрылғыларда кеңінен қолданылады, бұл олардың дизайнының қарапайымдылығымен, сенімділігімен және бұрқу тиімділігімен түсіндіріледі. Ортадан тепкіш форсунканың басқа типтегі бүріккіштерден басты айырмашылығы - ол арқылы өтетін сұйықтық бұралып, яғни форсунка осіне қатысты қозғалыс мөлшерінің моментін алады. Қысымды сұйықтық кіріс арнасы арқылы бұралу камерасына айдалады, онда ол қарқынды

айналады. Операторлық схемасының негізінде қондырғының технологиялық схемасы құрылды. $Fi = 0,343$ бұл кестеге қарағанда едәуір аз $F_{маб} = 1,02$ еркіндік дәрежелерінің саны үшін $f_1 = 3$, $f_2 = 4$ және маңыздылық деңгейі $\alpha = 0,1$ MathCad математикалық процессорында есептеулер нәтижесінде алынған Фишер критерийінің есептік мәндері алынды.

Негізгі сөздер: қондырғы, турбулентті ағын, математикалық модель, шашырату әдісі, натрий альгинат, капсула.

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАПСУЛ МЕТОДОМ РАСПЫЛЕНИЯ

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

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

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

В установке для капсулирования использовался шестеренчатый насос, центробежная форсунка для распыления. На капсулированный материал получено 0,8%, 1% альгината натрия. Капсулы, полученные в концентрации 1% альгината натрия при проведении эксперимента, имели округлую форму и однородную, мягкую, но стабильную при физическом воздействии, средний диаметр $1,2 \times 10^{-3}$ м. Чтобы получить один килограмм капсул, необходимо взять $V_z = 1,404 \cdot 10^{-3}$ м³ из объема, заполненного капсулами. Это соответствует заданной производительности в час. Турбулентное движение характеризуется непрерывным перемешиванием частиц жидкости. В основном вдоль потока происходят поперечные движения движущихся в продольном направлении частиц, траектории движения которых очень сложны. Центробежные форсунки широко используются в современных распылительных устройствах, что объясняется простотой их конструкции, надежностью и эффективностью распыления. Основное отличие центробежной форсунки от распылителей других типов заключается в том, что жидкость, проходящая через нее, перекручивается, то есть приобретает момент величины движения относительно оси форсунки. Жидкость под давлением перекачивается через входной канал в торсионную камеру, где интенсивно циркулирует. На основе операторской схемы построена технологическая схема установки. $Fi = 0,343$ для числа значительно меньших степеней свободы, чем в этой таблице $F_{маб} = 1,02$, были получены расчетные значения критерия Фишера, полученные в результате вычислений в математическом процессоре $f_1 = 3$, $f_2 = 4$ и степени значимости $\alpha = 0,1$ MathCad.

Ключевые слова: установка, турбулентное течение, математическая модель, метод распыления, альгинат натрия, капсула.

AN INSTALLATION FOR PRODUCING CAPSULES BY SPRAYING

М.М. TASHYBAYEVA*, А.К. KAKIMOV, А.Б. BAKIYEVA,
G.A.ZHUMADILOVA, А.М. MURATBAYEV

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

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

A gear pump and a centrifugal spray nozzle were used in the encapsulation unit. 0.8% and 1% sodium alginate were obtained for the encapsulated material. The capsules obtained in a concentration of 1% sodium alginate during the experiment were rounded and homogeneous, soft but stable under physical influence, and had an average diameter of $1,2 \times 10^{-3}$ m. To get one kilogram of capsules, it is necessary to take $V_z = 1,404 \cdot 10^{-3}$ m³ from the volume filled with capsules. This corresponds to the set productivity per hour. Turbulent motion is characterized by continuous mixing of liquid particles. Basically, transverse movements of particles moving longitudinally occur along the flow, the trajectories of which are very complex. Centrifugal nozzles are widely used in modern spray devices, which is explained by the simplicity of their design, reliability and efficiency of spraying. The main difference between a centrifugal nozzle and other types of sprayers is that the liquid passing through it is twisted, that is, it acquires a moment of magnitude relative to the axis of the nozzle. The pressurized liquid is pumped through the inlet channel into the torsion chamber, where it circulates intensively. The technological scheme of the installation is based on the operator's scheme. $Fi =$

0,343 for the number of significantly smaller degrees of freedom than in this table, $F_{\text{max}} = 1,02$ the calculated values of the Fisher criterion were obtained as a result of calculations in the mathematical processor $f_1 = 3$, $f_2 = 4$ and the degree of significance $\alpha = 0,1$ MathCad.

Keywords: installation, turbulent flow, mathematical model, spraying method, sodium alginate, capsule.

Kіpіcne

Капсулалауға арналған қондырғы ҚР Білім және ғылым министрлігінің гранты есебінен «Иммуномодуляциялық белсенділігі бар капсулаланған синбиотикалық препараттарды сүт өнімдерін өндіруде қолданудың ғылыми және практикалық негіздемесі» тақырыбында Сібір ірімшік жасау ғылыми - зерттеу институты Барнаул қаласында жасалды [1]. Әзірленген қондырғыны жетілдіру мақсатында тамшылату әдісімен капсулалауға арналған қондырғыда перистальтикалық сорғы, перистальтикалық сорғы жетегінің қозғалтқышы, фильераны ауыстырдық. Ауыстырылған бөлшектер орнына тісті сорғы, шашыратуға арналған ортадан тепкіш форсунка диаметрі $d=1,0 \times 10^{-3}$ м пайдаланылды. Бір фазалы қатты күйдегі реле, тұрақты кернеуді төмендететін тұрақтандырғыш, қуат көзі, айнымалы сым резисторлары қойылған. Капсулалау материалы ретінде натрий альгинаты 0,8% және 1 % концентрациясы қабылданды. Капсулалауға арналған қондырғыда шашырату әдісі арқылы капсулалар алу [1].

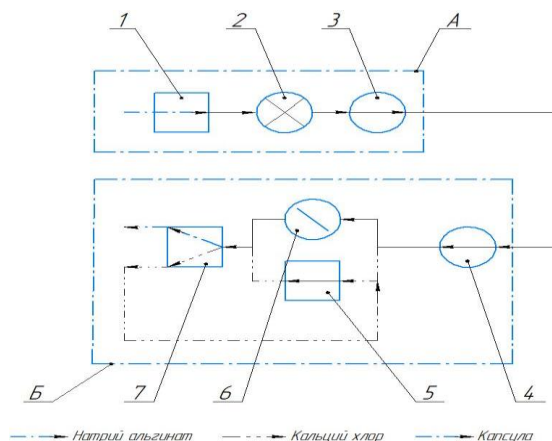
Капсулалау – «бұл диаметрі бірнеше нанометрден бірнеше миллиметрге дейінгі бөлшектерді алу үшін заттың (қатты, сұйық немесе газ тәрізді) ұсақ бөлшектерін пленка түзетін материалдың қабығына қосудың физика - химиялық немесе механикалық процесі». Бастапқыда биологиялық белсенді заттарды капсулалау – «олардың тиімділігін арттыру, уыттылығын төмендету немесе оларды тұрақтандыру мақсатында және негізінен фармацевтика өнеркәсібінде және пестицидтер өндірісінде жүзеге асырылды».

Бүгінгі таңда капсулау – «бұл қарқынды дамып келе жатқан технология, ол әр түрлі салаларда кеңінен қолданылады және тамақ және биотехнология ғылымында микротехнологияны қолданудың жақсы мысалы болып табылады» [2].

Жұмыстың мақсаты – тамақ өнімдерін капсулалауға арналған қондырғыны жетілдіру, ортадан тепкіш форсунка арқылы шашырату әдіспен капсулалар алу. Келесідей міндеттер орындалады: капсулаларды алу үшін операторлық және технологиялық схема әзірлеу; гель түзетін қоспа қондырғының жұмыс органдарымен өзара әрекеттесуінің математикалық үлгілерін әзірлеу.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Капсулаларды өндірудің әзірленген операторлық схемасы технологиялық схеманы әзірлеуге мүмкіндік береді, оның негізінде әртүрлі пробиотиктерді, ББҚ және т.б. қоса отырып капсулаларды өндіруге болады. Натрий альгинаты ерітінді (1) және құбыр арқылы тісті сорғыға (2) беріледі, содан кейін тісті сорғыдан (3) ерітінді форсункаға (4) беріледі. Форсункадан (5) хлорлы кальций ерітіндісіне шашырату жолымен түседі, қажетті мөлшерге сәйкес ерітінді тамшылары түзіледі. Натрий альгинаты кальций хлоридімен әрекет еткенде кальцийден тұратын қабық пайда болады (6). Алынған капсулалардың жабысуын болдырмау үшін кальций хлоридінің ерітіндісін араластырады (5). Алынған капсулаларды кальций хлоридінің ерітіндісінен (7) сүзеді және одан әрі өңдеуге жібереді, 1-ші суретте көрсетілген [3, 4].

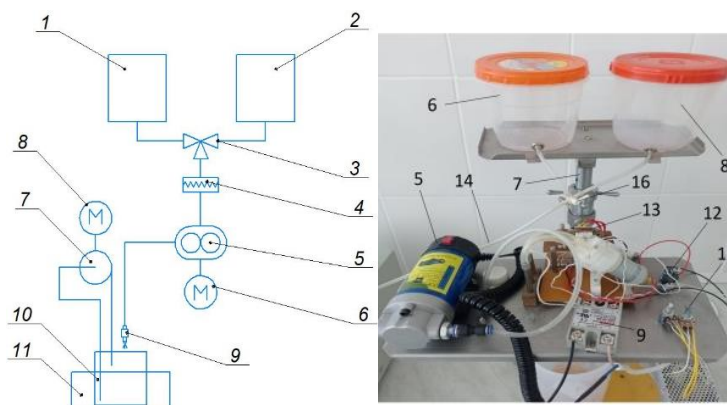


А - гель түзетін қоспаның түзілу жүйесі: 1 - араластыру; 2 - термостаттау; 3 - айдау; Б - капсула түзілу жүйесі: 4 - тамшы түзілу; 5 - араластыру; 6 - қалыптау; 7 - сүзу.

Сурет 1. Капсулаларды алуға арналған операторлық схема

Операторлық схемасының негізінде 2 - суретте көрсетілген қондырғының технологиялық схемасы құрылады. Гель түзетін қоспаның су ерітіндісін (1% натрий альгинаты) жұмыс қоспасына арналған 1 контейнерге құяды. Жұмыс аяқталғаннан кейін

шаю сұйықтығын жүйені шаю үшін 2 сыйымдылыққа құяды. Ауыстырып - қосқыш 3 клапанның көмегімен, ерітінді 1 контейнерден жалпы жүйеге беріледі. Термостат 4 жүйедегі сұйықтық температурасын тиісті деңгейде ұстап тұруға арналған. (40 градус).



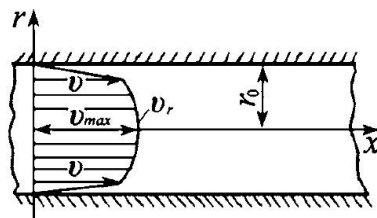
1 - жұмыс қоспасына арналған контейнер; 2 - жуу сұйықтығына арналған контейнер; 3 – клапан - қосқыш; 4 - термостат; 5 – тісті сорғы; 6 - тісті сорғының жетек қозғалтқышы; 7- айналым сорғысы; 8 - айналым сорғының жетек қозғалтқышы; 9 - ортадан тепкіш форсунка; 10 - қалып түзетін ерітіндіге арналған конт ейнер; 11 - салқындатуға арналған контейнер (мұз).

Сурет 2. Шашырату әдісімен капсулалауға арналған қондырғының технологиялық схемасы

Тісті сорғы арқылы ерітінді 5 ортадан тепкіш форсункаға 9 сұйықтықты береді. Капсулалар кальций хлориді болып табылатын қалыптаушы сұйықтықта натрий альгинатын химиялық жолмен натрий хлоридіне айналдыру жолымен натрий альгинатының қалыптаушы сұйықтықпен өзара араласуы кезінде түзіледі. Қалыптаушы сұйықтықты 10 салқындату үшін салқындату үшін 11 контейнерге салады, капсулаларды алғаннан кейін қалыптасатын сұйықтықтан тамшыларды

бөлу сүзгіш тордың көмегімен жүзеге асырылады (схемада көрсетілмеген, өйткені жабдықтың құрамына кірмейді) [3, 4].

Турбуленттік ағын - бұл сұйықтықтарды қарқынды араластырумен және жылдамдықпен қысымның пульсациясымен сүйемелденетін ағын. Жекелеген бөлшектердің қозғалысы болып шығады, траекториялар кейде 3 - суретте көрсетілгендей кешенді қисықтар нысанын алады.

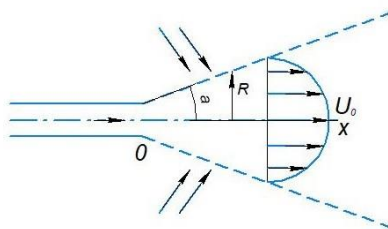


Сурет 3. Турбулентті ағын

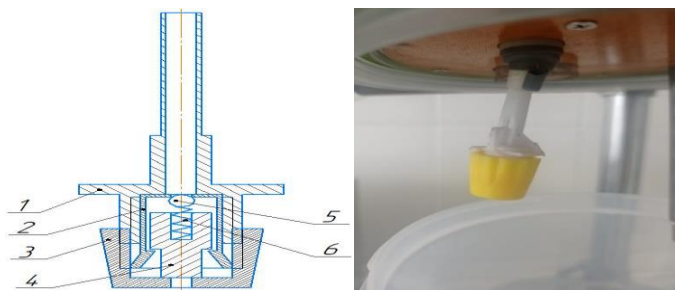
Тесіктер мен ойықтардан (әртүрлі нысандағы және қимадағы қысқа түтіктер) сұйықтың ағыны бұл процесте сұйықтың энергиясы өте қысқа қашықтықта және өте қысқа уақыт ішінде ағынның кинетикалық энергиясына (немесе жалпы жағдайда құлдырауымен) түрлендірілуімен сипатталады. Бұдан әрі 4 – суретте түтіктен сол сұйықтықпен толтырылған кеңістікке шығатын ағынды қарастырамыз.

Форсункада тамшылардың пайда болуы. Ортадан тепкіш форсунка жұмыс істеу принципі оған берілетін сұйықтың

айналуына негізделген. Форсункада сұйықтың ағыны сұйықтың айналуы кезінде пайда болатын форсункаға қатысты сұйықтық бөлшектерінің импульс әсеріне байланысты болады. Сұйықтық форсунка арнасының қабырғасы бойымен қозғалады, ал ағыстың өзегі ауа құйынымен толтырылады. Форсунка ағуына қарай сұйық қабық бөлшектері тік траекториялар бойынша шашырайтын қуыс конус түріндегі алауды құра отырып ыдырайды, 5–ші суретте көрсетілгендей ортадан тепкіш форсунка схемасы [1, 5, 6].



Сурет 4. Сұйықтық шағын саңылау арқылы шашырауы кезінде пайда болатын турбуленттік ағын



1- корпус , 2 - стакан, 3 - гайка , 4 - бүріккіш, 5 - шарик , 6 – серіппе.

Сурет 5. Ортадан тепкіш форсунка схемасы

Нәтижелері және оларды талқылау

Шашырату әдісімен капсулалар алу, тәжірибе жасау кезінде 0,8% натрий альгинат концентрациясында капсулалар, 6–суретте

пішіні дұрыс емес және құрылымы біркелкі емес, жұмсақ консистенциясы бар, физикалық әсер ету кезінде оңай бұзылады, орташа диаметрі $1,1 \times 10^{-3}$ м болды.



Сурет 6. Микроскоптау нәтижелері натрий альгинаты 0,8% алынған капсула

1% натрий альгинат концентрациясында алынған капсулалар, 7-суретте көрсетілгендей дөңгелек пішінді және біркелкі, жұмсақ, бірақ

физикалық әсер ету кезінде тұрақты және орташа диаметрі $1,2 \times 10^{-3}$ м болды [1, 3, 7, 11].



Сурет 7. Микроскоптау нәтижелері натрий альгинаты 1 % алынған капсула

Есептеулердің негізінде форсункада тесігінен шыққан тамшының салмағы сұйықтықтың беттік керілуіне және форсунканың радиусына пропорционал [8, 9].

$$\rho g H s + F = 2 \pi R \sigma \sin \alpha, \quad (1)$$

$$s P + m g = 2 \pi r \sigma \sin \alpha \quad (2)$$

Тепе - теңдік жағдайында формула

$$m g = 2 \pi r \sigma, \quad (3)$$

мұндағы: P – қысым, Па;

ρ – тығыздық, кг/м³

m - тамшының массасы, кг;

g - ауырлық күшінің үдеуі, м/с²;

r - форсунка радиусы, м;

σ - сұйықтықтың беттік керілуі, кг/с².

Содан кейін форсункадан тамшының массасының шашырауы:

$$m = \frac{2 \pi r \sigma}{g}, \quad (4)$$

Берілген жағдайларда бірлік сферасының (капсула) көлемі:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,0007^3 = 1,4 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

мұндағы: R - капсула радиусы, м.

Бір капсуланың алатын көлемі:

$$V_S = (0,0014)^3 = 2,7 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

Қабатты қатарлы толтыру кезіндегі толтыру коэффициенті:

$$K_{3-p} = \frac{V}{V_S} = \frac{1,4 \cdot 10^{-9}}{2,7 \cdot 10^{-9}} = 0,518$$

Капсулаларды тығыз орау кезінде кеңістікті толтыру коэффициенті жоғары болады:

$$K_{3-п} = \sqrt{6} \cdot \frac{d}{3} = 2,44 \cdot 0,00046 = 1,1 \cdot 10^{-3};$$

мұндағы, d - капсуланың диаметрі, м.

Бұл тығыз оралған сфералардың тетраэдрлік орналасуынан туындайды. Біздің жағдайда қабаттардың пайда болуы тетраэдрлік орналасу арқылы жүреді. Осылайша, бір литр көлемде (1000 мм³) $V_n = 0,816 \cdot 10^{-3}$ капсула болады. Капсула түзілетін компоненттер

қоспасының тығыздығы, алдын ала өлшеулер нәтижелері бойынша $\rho_s = 872,9$ кг/м³. Капсулалардың массасы, көлемі $V_k = 1000$ мл (1 литр) болады:

$$m_o = \rho_s \cdot V_n = 872,9 \cdot 0,816 \cdot 10^{-3} = 0,712 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$V_z = \frac{m_k \cdot V_k}{m_o} = \frac{1 \cdot 1}{0,712 \cdot 10^{-3}} = 1,404 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Бір килограмм m_k капсулаларын алу үшін, капсулалармен толтырылған көлемнен $V_z = 1,404 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ алу керек. Бұл сағатына

берілген өнімділікке сәйкес келеді. Тәжірибелік қондырғыда алынған капсулалар 8 - суретте көрсетілген.



Сурет 8. Тәжірибелік қондырғыда алынған капсулалар

Әр тәжірибеде алынған гель түзетін қоспаның тұтқырлығының орташа мәні келесідей анықталды: [1; 10; 11].

$$\theta_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \eta_i \quad (5)$$

мұндағы, N – жүргізілген эксперименттер саны, N= 3; Вискозиметр роторының айналу жиілігі арқылы тұтқырлықтың орташа мәні алынды.

Әрі қарай (5) модель теңдеуі бойынша 1 - кестеге сәйкес әр тәжірибе үшін тұтқырлықтың есептелген орташа мәндері анықталды.

Кесте 1. Тәжірибелер үшін есептелген тұтқырлықтың орташа мәндері

Гель түзетін қоспаның температурасы, t, °C	Вискозиметр роторының айналу жиілігі, ω , с ⁻¹	Гель түзетін қоспаның тұтқырлығы, η_1 , Па·с	Гель түзетін қоспаның тұтқырлығы, η_2 , Па·с	Гель түзетін қоспаның тұтқырлығы, η_3 , Па·с	Гель түзетін қоспаның тұтқырлығы, η_{cp} , Па·с
50	0,067	262	279	286	275
	0,167	242	267	270	233
	0,333	217	234	243	208
	0,833	153	169	173	148
40	0,067	335	358	367	318
	0,167	305	324	333	288
	0,333	266	286	303	256
	0,833	221	228	233	204
30	0,067	402	425	433	378
	0,167	361	378	390	338
	0,333	320	344	353	305
	0,833	265	269	274	242
20	0,067	510	540	567	485
	0,167	465	492	523	444
	0,333	410	446	453	392
	0,833	315	338	346	299

Содан кейін алынған мәліметтер бойынша қалдық дисперсия есептелді:

$$S_0^2 = \frac{m \sum_{i=1}^N (\eta_{p_i} - \eta_{op})^2}{N-1}; \quad (6)$$

мұндағы: m - тәуелсіз айнымалылар кезінде бағаланатын параметрлер (коэффициенттер) саны, біздің жағдайда $m = 1$; және ұдайы өндіру дисперсиясы:

$$S_{\text{уд}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2}{N-1}; \quad (7)$$

Мұндағы S_i^2 – әрбір тәжірибе үшін анықталатын іріктемелі дисперсия.

(5) және (6) формулалары бойынша есептеулер нәтижесінде мынадай мәндер алынды: [12; 13].

$$S_0^2 = 144,5; S_{\text{уд}}^2 = 420,5 \quad (8)$$

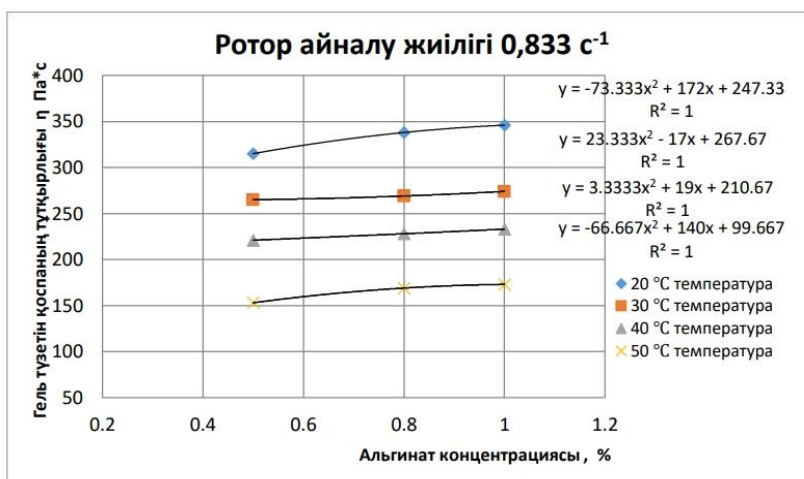
Онда Фишер есептік өлшемі қалдық дисперсия мен ұдайы өндіру дисперсиясының қатынасымен анықталады:

$$Fi = \frac{S_0^2}{S_{\text{уд}}^2} = \frac{144,5}{420,5} = 0,343 \quad (9)$$

MathCad математикалық процессорында есептеулер нәтижесінде алынған Фишер критерийінің есептік мәні мынаны құрайды: $Fi = 0,343$ бұл кестеге қарағанда едәуір аз $F_{\text{таб}} = 1,02$ еркіндік дәрежелерінің саны

үшін $f_1 = 3$, $f_2 = 4$ және маңыздылық деңгейі $\alpha = 0,1$ [14; 15; 16].

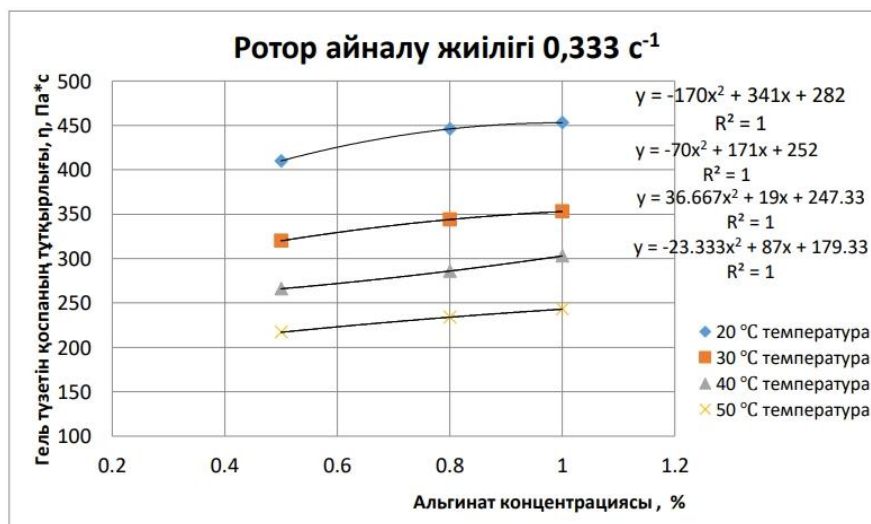
Тұтқырлықты анықтау кезінде Брукфильд вискозиметріндегі тұрақты режим ротордың $0,333 \text{ c}^{-1}$ және $0,833 \text{ c}^{-1}$ дейін айналу жиілігінен кейін шығады, 9 және 10 сурет, 1 - кестеде көрсетілген.



Сурет 9. Гель түзетін қоспа тұтқырлығы әр түрлі температурада натрий альгинаты ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігі

Гель түзетін қоспа тұтқырлығы әр түрлі температурада натрий альгинаты ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігі, 9 – 10 суреттегі графиктерден 40 және 50 C° температурада тұтқырлық мөлшері ротордың айналу жиілігі үшін шамалы өзгеретінін көруге болады, бірақ

пробиотикалық микроорганизмдердің жойылуын болдырмау үшін 50 C° жоғары температураны қолданған жөн емес, ерітіндіні пайдаланудың ең қолайлы температурасы 40 C° алынды.



Сурет 10. Гель түзетін қоспа тұтқырлығы әр түрлі температурада натрий альгинаты ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігі

Қорытынды.

Кальций - альгинатты гельді қолдану шикізаттың аз шығынымен жоғары сапалы өнімдерді қамтамасыз етеді. Осылайша алынған капсулалар адам ағзасына пробиотиктерді максималды тиімділікпен қабылдауды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. 40°C температураға дейін қыздырылған гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісі, жұмыс қоспасына арналған контейнерге құйылады. Ерітіндіге арналған контейнерге 0 - ден 5 °C - қа дейінгі температураға дейін салқындатылған кальций хлоридінің 2% ерітіндісі болып табылатын форма түзетін сұйықтық құйылады. Бұл жағдайда ауыстырып - қосқыш клапан құбырлар жүйесіне гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісі түсетін етіп бұрылады. Жұмыс ыдысындағы ерітінді ортадан тепкіш форсунка тесік арқылы шашырату әдіспен (CaCl₂) салқындатылған ерітіндісі бар контейнерге түседі.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ташыбаева М.М. Тамақ өнімдерін капсулалауға арналған қондырғыны жетілдіру. - Семей: «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, 2024. – 114 б.
2. Муратбаев А.М. Капсулаланған биологиялық белсенді қоспаларды қолданып өндірілген тамақ өнімдерінің қауіпсіздігін қамтамасыз етудің тәжірибелік аспектілері. – Семей: Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, 2021. – 169 б.
3. Tashybayeva M., Kakimov A., Ibragimov N., Zhumadilova G., Muratbayev A., Jumazhanova M., Idyryshev B., Kapshakbayeva Z., Bepreyeva 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>.

4. 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.

5. Estellé, P., Lanos, C., & Perrot, A. (2008). Processing the Couette viscometry data using a Bingham approximation in shear rate calculation. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 154, 31–38. <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2008.01.006>

6. Zhang, T., Dong, B., Chen, X., Qiu, Z., Jiang, R., & Li, W. (2017). Spray characteristics of pressure-swirl nozzles at different nozzle diameters. Applied Thermal Engineering, 121, 984–991. <https://doi.org/10.1016/J.APPLTHERMALENG.2017.04.089>

7 Goh, C., Heng, P., & Chan, L. (2012). Alginates as a useful natural polymer for microencapsulation and therapeutic applications. Carbohydrate Polymers, 88, 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2011.11.012>

8. Жумадилова Г.А. Исследование процесса инкапсулирования пробиотиков с целью создания оборудования. - Семей: НАО «Университет имени Шакарима города Семей», 2020. – 131 с.

9. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыления жидкостей. – М.: Химия, 1984. – 256 с.

10. Определение поверхностного натяжения методом счета капель <http://mirznanii.com/a/172267/opredelenie-poverkhnostnog.16.01.2024>.

11. 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>

12. Слоэн Н. Дж. А. Упаковка шаров // В мире науки. -1984. - № 3. - С. 72-82.

13. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1976. – 464 с.

14. Кафаров В.В., Петров В.Л., Мешалкин В.П. Принципы математического моделирования химико-технологических систем. - М.: "Химия", 1974.- 344 с.

15. Шипачев В.С. Высшая математика. – М.: Высшая школа, 1990.- 480 с.

16. Дитякин Ю.Ф., Клячко Л.А., Новиков Б.В., Ягодкин В.И. Распыливание жидкостей. - М.: «Машиностроение», 1977. - 208 с.

REFERENCES

1. Tashybayeva M.M. Тамақ өнімдерін капсулаға арналған қондырғыны жетілдіру [Improvement of the equipment for encapsulation of food products] // Semey: «Shakarim University of Semey», 2024. - 114 P. (In Kazakh)

2. Muratbaev A.M. Kapsulalanған biologijalyқ belsendi қоспаларды қолданып өндірілген тамақ өнімдерінің қауіпсіздігін қамтамасыз етудің тәжірибелік аспектілері [Experimental aspects of ensuring the safety of food products produced using encapsulated biologically active additives] // - Semey: Shakarim University of Semey, 2021. - 169 P. (In Kazakh)

3. 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>.

4. KR pajdaly model'ge patenti № 9093 [Utility model patent of the Republic of Kazakhstan № 9093] Tashybayeva M. M., Kakimov A. K., Mayorov A. A., Ibragimov N. K., Jumazhanova M.M., Zhumadilova G.A., Muratbayev A.M., Bakiyeva A.B., Dukenbayev D.K. Installation for the production of encapsulated products. 03.05.2024. (In Kazakh)

5. Estellé, P., Lanos, C., & Perrot, A. (2008). Processing the Couette viscometry data using a Bingham approximation in shear rate calculation. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 154, 31–38. <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2008.01.006>

6. Zhang, T., Dong, B., Chen, X., Qiu, Z., Jiang, R., & Li, W. (2017). Spray characteristics of pressure-swirl nozzles at different nozzle diameters. *Applied Thermal Engineering*, 121, 984–991. <https://doi.org/10.1016/J.APPLTHERMALENG.2017.04.089>

7 Goh, C., Heng, P., & Chan, L. (2012). Alginates as a useful natural polymer for microencapsulation and therapeutic applications. *Carbohydrate Polymers*, 88, 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2011.11.012>

8. Zhumadilova G.A. Issledovanie processa inkapsulirovaniya probiotikovs cel'ju sozdaniya oborudovaniya [Investigation of the process of encapsulation of probiotics in order to create equipment] // - Semey: NAO «Shakarim University of Semey», 2020. – 131с. (In Russian)

9. Pazhi D.G., Galustov V.S. Osnovy tehniki raspyleniya zhidkostej [Fundamentals of liquid spraying techniques] // М: Khimiya, 1984. 256 p.

10. Opredelenie poverhnostnogo natjazheniya metodom scheta kapel' // [Determination of surface tension by droplet counting method] <http://mirznanii.com/a/172267/opredelenie-poverkhnostnog.16.01.2024>. (In Russian)

11. Tashybayeva M.M., Kakimov A.K., Mayorov A.A., Zhumadilova G.A. Ustanovka dlja kapsulirovaniya probiotikov [Probiotic encapsulation unit] // Bulletin of KazUTB. – Астана. – 2024. - No. 3. – pp.399-410. <https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.24-353>

12. Slojen N. Dzh. A. Upakovka шаров [Packing of balloons] // In the world of science. -1984. - № 3. - С. 72-82.

13. Kafarov V.V. Metody kibernetiki v himii i himicheskoy tehnologii [Methods of cybernetics in chemistry and chemical technology] //– М.: Chemistry, 1976. – 464 p. (In Russian)

14. Kafarov V.V., Petrov V.L., Meshalkin V.P. Principy matematicheskogo modelirovaniya himiko-tehnologicheskikh sistem [Principles of mathematical modeling of chemical technology systems] - М.: "Chemistry", 1974. - 344 p. (In Russian)

15. Shipachev V.S. Vysshaja matematika [Higher mathematics] – М.: Higher School, 1990. - 480 p. (In Russian)

16. Ditjakin Ju.F., Kljachko L.A., Novikov B.V., Jagodkin V.I. Raspylivanie zhidkostej [Spraying of liquids] – М.: «Mechanical Engineering», 1977. - 208 p. (In Russian)