



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **83943** (13) **U**  
(51) МПК (2013.01)  
**G01N 30/00**  
**A23L 1/06** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2013 02710</b>	(72) Винахідник(и): <b>Черевко Олександр Іванович (UA), Кіптела Людмила Василівна (UA), Захаренко Віталій Олександрович (UA), Загорулько Андрій Миколайович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>04.03.2013</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.10.2013</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.10.2013, Бюл.№ 19</b>	(73) Власник(и): <b>ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ, вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051 (UA)</b>

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ БАГАТОКОМПОНЕНТНОЇ СТРУКТУРИ РОСЛИННИХ ПАСТ

### (57) Реферат:

Спосіб визначення міцності багатокомпонентної пористої структури рослинних паст передбачає визначення середнього радіуса  $\bar{r}$  диференціальної функції розподілу мікрокапілярів за радіусами  $f(r)$ , для чого експериментально визначають ізотерму сорбції при кімнатній температурі, представляють ізотерму у вигляді

$$u = u_0 \exp\left(-\frac{a_{293} \ln(r) + B_{293}}{r}\right),$$

де  $u$  - вологовміст продукту при відносній вологості повітря  $\varphi$ ,

$u_0$  - гігроскопічне значення продукту при  $\varphi = 1$ ,

$a_{293}$ ;  $B_{293}$  - сталі ізотерми при кімнатній температурі,

$r$  - поточний радіус,

складають три рівняння для різних  $\varphi$  (наприклад  $\varphi = 0,3$ ;  $\varphi = 0,6$ ;  $\varphi = 0,9$ ), знаходять  $u_0$ ,  $a_{293}$ ,  $B_{293}$ . Диференціальну функцію розподілу мікрокапілярів за радіусами  $f(r)$  визначають за формулою

$$f(r) = \frac{B_{293} - a_{293} + a_{293} \ln(r)}{r^2} \exp\left(-\frac{a_{293} \ln(r) + B_{293}}{r}\right),$$

знаходять середній радіус пор  $\bar{r} = \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} r f(r) dr$  і співставляють їх для різних добавок.

UA 83943 U



Корисна модель належить до харчової промисловості, а саме до створення багатокомпонентних продуктів (паст) з використанням БАД.

Відомий спосіб, який супроводжується утворенням багатокомпонентних структур, пов'язаний з переробкою дисперсних систем різних пружно пластичних матеріалів [1] Реологічні властивості рослинних паст можна використати як контролюючі параметри при створенні багатокомпонентних структур.

Недоліком цього методу є трудомісткість та залежність кінцевого результату від стану та умов навантаження зразка. Відомо багато випадків, коли в процесі технологічної обробки продукту один і той же продукт переходить із одного реологічного стану в інший, часто протилежний за властивостями першому.

Найбільш близьким технічним рішенням до корисної моделі є спосіб визначення теплоти адсорбції пористих харчових продуктів, який запропонований нами раніше [2]. Спосіб передбачає визначення тангенса кута нахилу прямої (ізостери) по залежності між рівноважним тиском  $\varphi$  і оберненою температурою  $1/T$ , для чого експериментально визначають ізотерму сорбції при кімнатній температурі  $T_1 = 293$  K, яку представляють у вигляді

$$u = u_0 \exp\left(-\frac{a_{293} \ln(r) + B_{293}}{r}\right)$$

де  $u$  - текучий вологовміст зразка, відн. од.;

$u_0$  - гігроскопічний вологовміст при сорбції, відн. од.;

$r$  - поточний радіус капілярів, нм

$a_{293}$ ;  $B_{293}$  - сталі, які знаходять, виходячи з виду експериментальних ізотерм сорбції-десорбції при  $T=293$ K.

А ізотерму для іншої температури  $T_2=313$ K розраховують, для чого складають три рівняння при різних  $\varphi$  і знаходять сталі  $u_0$ ,  $a_{293}$ ,  $B_{293}$ , складають два рівняння при різних  $\varphi$ ; одержують  $a_{313}$ ,  $B_{313}$ , визначають мінімальний радіус мікрокапілярів при відносній вологості повітря  $\varphi$  за формулою  $t_0 = a_{293} \ln r_{293} + B_{293}$ , максимальний радіус капілярів, що заповнюються вологою при температурі  $T_2=313$ K, за формулою  $r_2 = \exp(r_{0293} - B_{313})/a_{313}$ ; теплоту адсорбції при відносній вологості повітря  $\varphi$  за формулою

$$Q_\varphi = \frac{(T_2 r_2 - T_1 r_1) R T_1 \ln \varphi}{(T_2 - T_1) r_1}; (2)$$

де  $r_1$  - максимальний радіус мікрокапілярів, які заповнюються за рахунок сорбції водяної пари при відносній вологості повітря  $\varphi$  і температурі  $T_1=293$ K, який знаходять за формулою Томсона (Кельвіна)

$$r_1 = \frac{2\sigma V}{R T \ln \varphi}$$

де  $\sigma$  - поверхневий натяг води;

$V$  - молярний об'єм водяної пари;

$R$  - газова стала.

Недоліком цього способу є складність теоретичної побудови ізотерми за однією експериментально визначеною ізотермою і, відповідно, визначення  $Q_\varphi$  при різних відносних вологостях повітря.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення нового (спрощеного) способу визначення міцності багатокомпонентної структури рослинних паст, який дозволяє визначати вклад кожної добавки окремо у міцність продукту. Як критерій, що дозволяє оцінювати структурні зміни в багатокомпонентних пастах при зміні співвідношення компонентів використовують дисперсність продукту, а саме диференціальну функцію розподілу пор за радіусами (ДФР) - її середній радіус  $\bar{r}$ , для знаходження якого використовують аналітичний вираз, що описує ізотерми сорбції-десорбції і постійні якого входять до аналітичного виразу для визначення ДФР.

На відміну від прототипу графічне представлення ДФР паст дозволяє визначити радіуси превалюючих пор  $r_{max}$ , що використовується як основний критерій при визначенні диференціального впливу рецептурних складових на міцність паст. При цьому кожна добавка має свою ДФР з відповідним  $r_{max}$ , порівняння яких дозволяє співставити вплив різних за природою домішок на дисперсність паст і, відповідно, міцність, яка побічно визначається

поверхнею стикання рецептурних компонентів між собою - величиною  $1/r_{\max}$ . Такий підхід точно характеризує міцність скріплення компонентів, що входять до рецептурного складу, і дає чітке уявлення про загальні відмінності у структурній побудові паст.

Поставлена задача вирішується тим, що ізотерму при кімнатній температурі представляють у вигляді (1), складають три рівняння при різних  $\varphi$  ( $\varphi = 0,2; \varphi = 0,5; \varphi = 0,8$  або  $\varphi = 0,3; \varphi = 0,6; \varphi = 0,9$ ) і знаходять  $u_0, a_{293}, b_{293}$ ; визначають аналітичний вираз для диференціальної функції розподілу мікрокапілярів за радіусами  $f(r)$  за формулою

$$f(r) = \frac{b_{293} - a_{293} + a_{293} \ln(r)}{r^2} \exp\left(-\frac{a_{293} \ln(r) + b_{293}}{r}\right) \quad (4)$$

Графічне представлення  $f(r)$  в діапазоні  $0 \dots 0,1$  мкм дозволяє визначити середній радіус

$$\bar{r} = \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} r f(r) dr$$

та порівняти ці значення з використанням різних домішок (БАД).

[1] Мачихин Ю.А., Инженерная реология пищевых материалов [Текст] / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин - М.: Лекая и пищевая пром.-сть, 1981. - 216 с. [2]. Деклараційний патент 55621 А Україна, МКВ G01N30/00. Спосіб визначення теплоти адсорбції пористих харчових продуктів / Захаренко В.О.; заяв - ник та патентовласник ХДУХТ (Україна). - № 2002010439; заявл. 17.01.2002; опубл. 15.04.2003, Бюл. № 4-4 с

Приклад.

Як приклад розглянемо пористу структуру паст, в яких як основний компонент використали яблуко, а як добавки використовували різну дикорослу сировину: айву, чорницю, бузину, зізіфус - таблиця 1.

Як критерій, який дозволяє позитивно оцінити структурні зміни в пастах при зміні співвідношень компонентів, зокрема механічну міцність паст, співвідношення вільної і зв'язаної вологи, консистенцію продукту була вибрана дисперсність, яка однозначно характеризується середнім радіусом пористої

Таблица 1

Рецептурні компоненти паст з ДПС

Компоненти, г	Композиція 1			Композиція 2			Контроль
	1а	1б	1в	2а	2б	2в	
Яблуко	60	70	50	60	70-	50	100
Айва	35	25	45	-	-	-	
Бузина	5	5	5	-	-	-	
Зізіфус	-	-	-	35	25	45	
Чорниця	-	-	-	5	5	5	

структури продукту  $\bar{r}$  - є його зворотною величиною.

$$\bar{r} = \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} r f(r) dr \quad (5)$$

де  $r_{\min}$  - мінімальний радіус мікрокапілярів;

$r_{\max}$  - максимальний радіус мікрокапілярів.

Для побудови ізотерм сорбції застосовували тензометричний спосіб Ван-Бамелена. Для опису ізотерм сорбції - десорбції використовували рівняння (1)

Відмінною особливістю цієї методики є те, що постійні  $a$  і  $b$ , які входять в рівняння (1), одночасно входять і в аналітичний вираз (4), який описує ДФР.

Це значно спрощує знаходження ДФР для харчових продуктів. Використання (1), при відповідному виборі значень параметрів  $a, b, W_0$  дозволяє знаходити значення рівноважних вологостей кривих сорбції - десорбції в усьому діапазоні відносної вологості повітря, аж до його гігроскопічного значення. Для підвищення точності отриманих значень  $a, b, W_0$  необхідно робити перевірку значень ( $\varphi$ ) і усереднювати визначені значення параметрів кривої (1).

Перехід від відносної вологості повітря ( $\varphi$ ) до радіусів мікрокапілярів ( $r$ ) здійснюємо за формулою (3).

Такий підхід дозволяє легко за експериментальними точками ізотерм сорбції-десорбції визначити параметри  $a$  і  $b$  ( $a$  також при необхідності  $W_0$ ) і за формулами (2), (4) оцінити дисперсність експериментальних зразків.

У таблиці 2 наведені експериментальні значення рівноважних вологовмістів 2-х зразків (компоненти, які входять в зразки, наведені в таблиці. 1). Для знаходження значень  $a$ ,  $b$ ,  $W_0$  спочатку використали експериментальні значення при  $\varphi = 0,2$ ;  $\varphi = 0,5$ ;  $\varphi = 0,8$ , а потім при  $\varphi = 0,3$ ;  $\varphi = 0,6$ ;  $\varphi = 0,9$ . Отримані значення  $a$  і  $b$  усереднювали і надалі використали для побудови ДФР за формулою (4).

Як контрольний зразок в роботі використовували сировинну основу - яблуко. Криві ДФР для зразків з різним вмістом дикорослої сировини наведені на фіг. 1,2.

Таблиця 2-

Експериментальні значення початкових вологовмістів зразків і розрахункові значення параметрів ізотерм і ДФР

Сталі ізотерм	Зразки						
	1а	1б	1в	2а	2б	2в	Контроль
$a$	1,095 нм.	1,2 нм.	0,73 нм.	0,177 нм.	0,319 нм.	0,128 нм.	1,48 нм.
$b$	1,88 нм.	2,9 нм.	1,273 нм.	1,428 нм.	1,31 нм.	1,384 нм.	1,77 нм.
$W_0$	0,430	0,48	0,317	0,51	0,470	0,5	0,6
$r_{прев}$	1,1 нм.	1,1 нм.	0,9 нм.	0,6 нм.	0,8 нм.	0,7 нм.	1,75 нм.
$W_\varphi = 0,2$	0,050	0,083	0,073	0,067	0,055	0,069	0,106
$W_\varphi = 0,4$	0,073	0,095	0,095	0,146	0,162	0,152	0,111
$W_\varphi = 0,6$	0,120	0,181	0,134	0,244	0,283	0,248	0,150
$W_\varphi = 0,9$	0,282	0,279	0,238	0,426	0,446	0,430	0,370

Графіки розподілу пор за радіусами (ДФР) для зразків № 1 і № 2 приведені на фіг. 1 і фіг. 2. Наведені криві є типовими для мікропорової області, оскільки містять максимуми. Очевидно, що чим вище дисперсність зразків, тим більше кількість мікрокапілярів з меншим радіусом пор, і велика контактна поверхня між компонентами, які утворюють комбінований продукт, і за інших рівних умов сила зчеплення між компонентами буде більшою.

Аналіз представлених на кресленнях графіків ДФР показує, що криві ДФР розташовуються тісно, тобто відсутній переважаючий вплив якого-небудь із зразків при збільшенні концентрації добавки. Що в цілому вказує на малі зміни дисперсності при зміні рецептури паст. Але порівняння максимальних значень ДФР для контрольного зразка і досліджуваних зразків показує, що при внесенні домішок максимальні значення ДФР зміщуються в сторону малих радіусів пор в 2...2,2 рази, що вказує на значне збільшення їх дисперсності.

Для оцінки впливу домішок на дисперсності отриманих зразків скористаємося формулою (2) для знаходження середнього радіусу мікрокапілярів, оскільки його значення - зворотна величина дисперсності.

Інтеграл у формулі (2) знаходимо графічним шляхом. Середні радіуси мікрокапілярів з урахуванням  $f(r)$  на фіг. 1. і фіг. 2. мають такі значення: №1а  $-\bar{r} = 2,37$  нм., №1б  $-\bar{r} = 2,08$  нм., №1в  $-\bar{r} = 1,82$  нм., далі: №2а  $-\bar{r} = 1,51$  нм., №2б  $-\bar{r} = 1,69$  нм., №1в  $-\bar{r} = 1,7$  нм.

Аналіз отриманих значень для  $\bar{r}$  показує, що дійсно дисперсність досліджених зразків відрізняється мало. Проте у зразка № 1 простежується тенденція до зниження дисперсності при переході від концентрації айви 25 % (зразок №1б) до її концентрації 35 % (зразок №1а), і зростанні дисперсності при подальшому збільшенні концентрації айви до 45 % у зразка 1в. Тепер порівняємо вплив домішок айви на дисперсність одержаних паст, виходячи із одержаних значень середнього радіуса мікрокапілярів. Відхилення середнього радіуса мікрокапілярів  $\bar{r}$  між зразками 1б і 1а становить 13 %, тоді як точність сорбційного методу становить 15 %, тобто в даному випадку немає сенсу говорити про зростання міцності при внесенні 35 % айви у порівнянні з її внесенням у кількості 25 %. Теж саме можна стверджувати і при внесенні 45 %

айви у пасту замість основи -яблука. У цьому випадку у нас відбувається зменшення значення середнього радіуса, але воно теж становить всього 13 %, що знаходиться у межах похибки сорбційного методу.

5 Якщо порівняти вплив домішки зізіфусу на дисперсність одержаних паст, то, виходячи із значень середніх радіусів мікрокапілярів, маємо наступне. При збільшенні концентрації зізіфусу від 25 % до 35 % (зразки 2б і 2а) маємо збільшення дисперсності одержаних паст, а при збільшенні зізіфусу до 45 % навпаки, відбувається зниження дисперсності паст. Виходячи з того, що середні радіуси паст зразків 2а, 2б та 2в відрізняються між собою на 12 %, то можна стверджувати, що вплив концентрації домішки зізіфусу на міцність паст, як і в попередньому

10 випадку, мінімальний.  
Оцінка дисперсності по середньому радіусу пор  $\bar{r}$  дозволяє також зіставити адекватність добавок при їх використанні для підвищення дисперсності зразків. Для цього зіставимо середні радіуси переважаючих зразків № 1 і № 2, які наведені вище. Для зразка № 1 найбільшу дисперсність має зразок № 1в з середнім радіусом  $\bar{r} = 1,82 \text{ нм}$ ., тоді як у зразка № 2, що

15 переважаючим за дисперсністю являється зразок № 2а з середнім радіусом  $\bar{r} = 1,5 \text{ нм}$ . Оскільки середній радіус у зразка № 2а менше в 1,2 разу від середнього радіусу для зразка № 1в, то, відповідно, дисперсність зразка № 2а вище в 1,2 рази по відношенню до зразка № 1в. Це означає, у свою чергу, що ефективність добавки зізіфусу по відношенню до айви в даному

20 випадку вище в 1,2 раза.  
Таким чином, аналіз дисперсності паст, до складу яких входять дикоросла сировина, по середньому радіусу мікрокапілярів  $\bar{r}$  дозволяє оцінити вклад кожної з добавок у збільшення дисперсності продукту, його питомої поверхні, порівняти силу зчеплення між компонентами, що утворюють комбінований продукт через поверхню їх зіткнення.

#### 25 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення міцності багатоконпонентної пористої структури рослинних паст, який передбачає визначення середнього радіуса  $\bar{r}$  диференціальної функції розподілу мікрокапілярів за радіусами  $f(r)$ , для чого експериментально визначають ізотерму сорбції при

30 кімнатній температурі, представляють ізотерму у вигляді

$$u = u_0 \exp\left(-\frac{a_{293} \ln(r) + B_{293}}{r}\right),$$

де  $u$  - вологовміст продукту при відносній вологості повітря  $\varphi$ ,

$u_0$  - гігроскопічне значення продукту при  $\varphi = 1$ ,

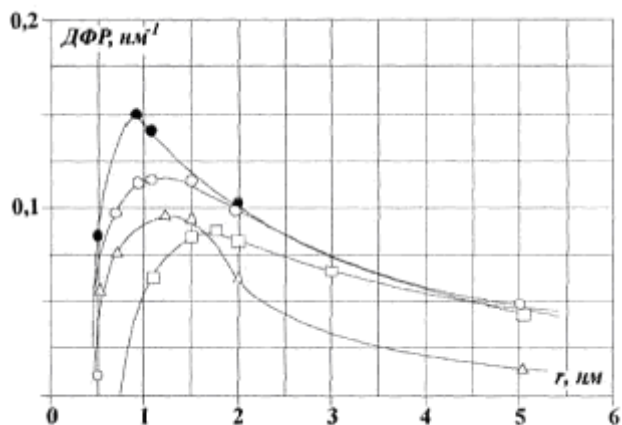
$a_{293}$ ,  $B_{293}$  - сталі ізотерми при кімнатній температурі,

35  $r$  - поточний радіус,

складають три рівняння для різних  $\varphi$  (наприклад  $\varphi = 0,3$ ;  $\varphi = 0,6$ ;  $\varphi = 0,9$ ), знаходять  $u_0$ ,  $a_{293}$ ,  $B_{293}$ , який **відрізняється** тим, що диференціальну функцію розподілу мікрокапілярів за радіусами  $f(r)$  визначають за формулою

$$f(r) = \frac{B_{293} - a_{293} + a_{293} \ln(r)}{r^2} \exp\left(-\frac{a_{293} \ln(r) + B_{293}}{r}\right),$$

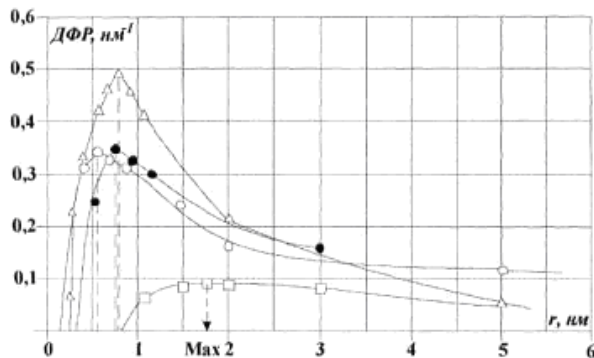
40 знаходять середній радіус пор  $\bar{r} = \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} r f(r) dr$  і співставляють їх для різних добавок.



Диференційна функція розподілення пор по радіусам у пастах:

- - 1а. Яблуко 60%, айва 35%, бузина 5%;
- △ - 1б. Яблуко 70%, айва 25%, бузина 5%;
- - 1в. Яблуко 50%, айва 45%, бузина 5%;
- - контроль 100%

Фіг.1



Диференційна функція розподілення пор по радіусам у пастах:

- - 1а. Яблуко 60%, зізіфус 35%, чорниця 5%;
- - 1б. Яблуко 70%, зізіфус 25%, чорниця 5%;
- △ - 1в. Яблуко 50%, зізіфус 45%, чорниця 5%;
- - контроль 100%

Фіг.2