

**Дмитро АНТЮШКО,  
Юлія МОТУЗКА,  
Роман РОМАНЕНКО**

## **РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ЕНТЕРАЛЬНОГО ХАРЧУВАННЯ**

*Наведено аналіз сучасних підходів до розробки продуктів для спеціального дієтичного споживання – ентерального харчування людей протягом лікувального та відновлювального періодів згідно з особливостями їхніх потреб в поживних речовинах. Проаналізовано та досліджено вплив основних компонентів вуглеводної складової на реологічні властивості таких продуктів. Із урахуванням отриманих даних розроблено нові суміші для ентерального харчування на сухій розчинній основі та досліджено основні показники їх реологічних властивостей.*

*Ключові слова:* реологічні властивості, продукти для спеціального дієтичного споживання – ентеральне харчування, в'язкість, напруга зсуву.

*Антюшко Д., Мотузка Ю., Романенко Р. Реологические свойства продуктов для энтерального питания. Приведен анализ современных подходов к разработке продуктов для специального диетического потребления – энтерального питания людей во время лечебного и восстановительного периодов в соответствии с особенностями их потребностей в питательных веществах. Проанализировано и исследовано влияние основных компонентов углеводной составляющей на реологические свойства таких продуктов. С учетом полученных данных разработаны новые смеси для энтерального питания на сухой растворимой основе и исследованы основные показатели их реологических свойств.*

*Ключевые слова:* реологические свойства, продукты для специального диетического потребления – энтеральное питание, вязкость, напряжение сдвига.

---

© Дмитро Антюшко, Юлія Мотузка, Роман Романенко, 2013

**Постановка проблеми.** У сучасній нутріціології харчова недостатність в критичних станах займає особливе місце, оскільки призводить до порушення білкового, ліпідного та вуглеводного обмінів, значних витрат вуглеводно-ліпідних ресурсів і розпаду тканинних білків організму. З огляду на це, особливої уваги заслуговує проблема розробки повноцінного та збалансованого харчування людей, що постраждали від специфічних захворювань. Протягом лікувального та відновлювального періодів для таких хворих використовуються продукти для ентерального харчування.

Цінність харчових продуктів у значній мірі визначається не лише їх здатністю задовольняти потреби організму людини в енергетичному та пластичному матеріалі, а й органолептичними властивостями.

При розробці спеціальних продуктів для ентерального харчування оптимальним вважається співвідношення калоражу між основними макроелементами, % – білки : жири : вуглеводи – 20–25 : 30–35 : 40–50; для людей, які страждають на цукровий діабет, – 25–30 : 30–35 : 35–45 [1–6].

Продукти для ентерального харчування – це багатокомпонентні гетерогенні системи. Для забезпечення належних умов споживання таке харчування має бути однорідної рідкої консистенції низької в'язкості, а при перемішуванні – з низьким рівнем утворення піни, поява якої обумовлена підвищеним вмістом білкової складової [7]. Головні фактори, що впливають на структурно-механічні властивості, – складові сумішей та густина продуктів для ентерального харчування. Особливо це стосується компонентів вуглеводної складової, основними видами якої є глюкоза, фруктоза, сорбіт [8]. Важливими для ентерального харчування реологічними показниками є в'язкість (кінематична й динамічна) та поверхневий натяг, оскільки вони безпосередньо пов'язані з консистенцією. Дослідженнями В. В. Дорохович [9] щодо вивчення впливу деяких вуглеводів на процес піноутворення встановлено, що поліюлі (сорбіт, лактитол, ізомальт) знижують поверхневий натяг і сприяють інтенсивному утворенню та стійкості піни.

Даних щодо реологічних властивостей вуглеводів, які використовуються для розробки спеціальних продуктів для ентерального харчування, недостатньо, тому постає необхідність їх дослідження.

*Мета роботи* – за реологічними властивостями дослідити придатність сировини (вуглеводів) для розробки продуктів ентерального харчування; за отриманими результатами змоделювати склад нових сумішей на сухій розчинній основі.

**Матеріали та методи.** Об'єкти дослідження: 30-процентні розчини цукрози (контроль), глюкози, фруктози, сорбіту та розроблені продукти на основі сухих розчинних сумішей ("Реабілакт" і "Реабілакт-Д").

Досліджено реологічні властивості сировини й продуктів за показниками: кінематичної та динамічної в'язкості, граничної напруги зсуву на універсальному комп'ютерному вимірювальному приладі з використанням цифрових динамометрів і програмного забезпечення

"Лабораторія ITM" методом пенетрації; густини – пікнометричним методом [10]. Дослідження проведено при температурі 20 °С та нормальному атмосферному тиску. Повторюваність дослідів – п'ятикратна, аналізів – трикратна. Математико-статистичну обробку проведено за допомогою ЕОМ у середовищі *MS Excel*. Для оцінки достовірності отриманих результатів визначено достовірність відхилення, величина якого має бути не більше 0.05.

**Результати дослідження.** Реологічні властивості продуктів проявляються при їх деформації та характеризують здатність продуктів утворювати опір прикладеним ззовні силам або змінюватися під їх дією. Ці властивості залежать не лише від хімічного складу харчових продуктів, а й від їх будови та структури [11, с. 31].

Запропонована 30-процентна концентрація розчинів вуглеводів найбільш повно віддзеркалює рекомендації спеціалістів у галузі створення продуктів для ентерального харчування [1–6].

Однією з важливих характеристик продуктів є в'язкість – здатність середовища здійснювати опір прикладеним ззовні механічним зусиллям. Особлива важливість цього показника при дослідженні продуктів для ентерального харчування пояснюється можливістю зондового введення поживних сумішей до організму хворого та необхідністю мінімізації фізичних зусиль при пероральному вживанні (табл. 1).

Таблиця 1

## Кінематична та динамічна в'язкість 30-процентних розчинів зразків

 $P \geq 0.95; n = 15$ 

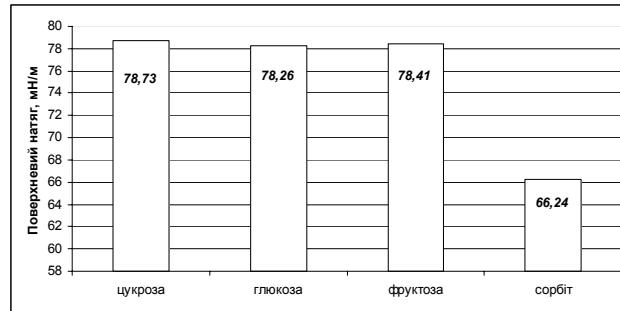
Показник	Зразки вуглеводів			
	цукроза	глюкоза	фруктоза	сорбіт
Кінематична в'язкість, ( $m^2/c$ ) $\cdot 10^{-6}$	2.355 $\pm$ 0.001	2.166 $\pm$ 0.001	2.186 $\pm$ 0.001	2.403 $\pm$ 0.001
Динамічна в'язкість, (Па $\cdot$ с) $\cdot 10^{-3}$	2.352 $\pm$ 0.011	2.164 $\pm$ 0.011	2.184 $\pm$ 0.011	2.401 $\pm$ 0.011

Найбільше значення показника кінематичної в'язкості встановлено в розчині сорбіту, а найнижче – в розчині глюкози. Коливання значень динамічної в'язкості варіюється несуттєво.

Іншою важливою для продуктів ентерального харчування властивістю розчинів є поверхневий натяг – показник, що характеризує величину питомої сили, яка прикладається до одиниці довжини контура, обмежуючого поверхню.

Проведені дослідження показали, що найвищим поверхневим натягом серед дослідних зразків характеризується розчин цукрози, найнижчим – сорбіту (рисунок).

Аналіз отриманих результатів дав змогу врахувати реологічні властивості вуглеводів при розробці продуктів для спеціального дієтичного споживання – ентерального харчування на сухій розчинній основі "Реабілакт" і "Реабілакт-Д".



Поверхневий натяг 30-процентних розчинів дослідних зразків вуглеводів, мН/м

Після попереднього розчинення порції суміші на сухій основі "Реабілакт" (100 г) у 300 см<sup>3</sup> кип'яченої води при температурі 15–60 °С (можливим є збільшення кількості води до 60 см<sup>3</sup> залежно від особливостей перебігу хвороби) готовий продукт розрахований як ентеральне харчування людей із гіперметаболізмом протягом лікувального та відновлювального періодів. До складу суміші "Реабілакт" входять (%): глюкоза (35.6), концентрат білковий із молочної сироватки (20.4), фруктоза (17.3), екстракт омега-3 жирних кислот (15.2), глутамін (7.0), орнітин (2.0), клітковина харчова (2.0), мінеральні речовини та вітаміни.

Приготування продукту на основі суміші "Реабілакт-Д" здійснюється аналогічно за винятком кількості доданої води (400 см<sup>3</sup> і збільшення до 80 см<sup>3</sup> залежно від особливостей перебігу хвороби). Суміш складається з (%): концентрату білкового із молочної сироватки (41), екстракту омега-3 жирних кислот (17.43), фруктози (17.43), сорбіту (12.3), глутаміну (8.2), клітковини харчової (3.1), мінеральних речовин і вітамінів.

Із метою визначення відповідності розроблених готових продуктів належним для споживання умовам досліджено їхні реологічні властивості (табл. 2).

Таблиця 2

### Реологічні властивості продуктів для ентерального харчування на основі сумішей "Реабілакт" і "Реабілакт-Д"

$P \geq 0.95, n = 15$

Показник	Суміші у розчиненому вигляді	
	"Реабілакт"	"Реабілакт-Д"
Густина, кг/м <sup>3</sup>	998.17±0.01	998.27±0.01
Кінематична в'язкість, (м <sup>2</sup> /с)·10 <sup>-6</sup>	1.089± 0.001	1.085± 0.001
Динамічна в'язкість, (Па·с)·10 <sup>-3</sup>	1.087± 0.011	1.083± 0.011
Поверхневий натяг, мН/м	75.04± 0.02	79.74± 0.02

Для перевірки адекватності одержаних результатів розрахункові значення порівняно з табличними. Із надійністю  $P = 0.95$  можна стверджувати, що отримані результати адекватно описують експериментальні дані та є достовірними.

**Висновки.** Дослідження реологічних властивостей вуглеводної сировини свідчать про можливість використання глюкози, фруктози та сорбіту як компонентів продуктів для ентерального харчування.

Продукти для ентерального харчування на основі розроблених сумішей "Реабілакт" і "Реабілакт-Д" можуть рекомендуватися як спеціалізовані для ентерального перорального та зондового методів вживання протягом лікувального та відновлювального періодів.

Перспективним вважається подальше дослідження споживних властивостей розроблених продуктів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Wilkinson A. W.* Metabolism and the response to injury / A. W. Wilkinson, D. Cuthbertson // Pitman Medical : Tunbridge Wells. — Vol. 64, Is. 8. — 608 p.
2. *Беляев А. В.* Парентеральное и энтеральное питание в интенсивной терапии / А. В. Беляев. — К. : КИМ, 2009. — 344 с.
3. *AKE Recommendation: Enteral and Parenteral Support in Adults.* — Germany : Austria : [s. n.]. — 2000. — 92 p.
4. *Клінічний досвід. Харчування хірургічних хворих.* — Режим доступу : <http://www.dovidnyk.org/articles/24/49.html>.
5. *Почепень О. Н.* Нутритивная поддержка у тяжелообожженных / О. Н. Почепень. — Минск : БелМАПО, 2009. — 25 с.
6. *Луфт В. М.* Клиническое питание в интенсивной медицине / В. М. Луфт, А. Л. Костюченко. — СПб. : Диля, 2002. — 174 с.
7. *Хорошилов И. Е.* Энтеральное питание: простое о сложном / И. Е. Хорошилов // Практическая диетология. — 2011. — № 3. — С. 36—40.
8. *Grasdalen P.* The factors of enteral nutrition / P. Grasdalen // Crit. Care Med. — 2011. — Vol. 6. — P. 142—157.
9. *Дорохович В. В.* Наукове обґрунтування і розроблення технологій борошняних кондитерських виробів спеціального дієтичного споживання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.18.16. "Технологія продуктів харчування" / В. В. Дорохович : Київ. нац. торг.-екон. ун-т. — К., 2010. — 39 с.
10. *Великая Е. И.* Лабораторный практикум по общей технологии бродильных производств (общие методы контроля) / Е. И. Великая, В. Ф. Суходол. — М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1983. — 312 с.
11. *Толстогузов В. Б.* Новые формы белковой пищи (Технологические проблемы и перспективы производства) / В. Б. Толстогузов. — М. : Агропромиздат, 1987. — 303 с.

*Стаття надійшла до редакції 10.04.2013.*

*Antiushko D., Motyzka Y., Romanenko R. Rheological properties of products for enteral nutrition.*

**Background.** Products for enteral nutrition are multicomponent heterogeneous systems. In order to ensure appropriate conditions for consumption, such food should be characterized by homogeneous liquid consistency of low viscosity, and by low level of foam while stirring. The main variable factor that affects the structural and mechanical properties of enteral mixtures is components of carbohydrate constituent. There is not enough scientific data about the rheological properties of such components. In this regard, the rheological properties of carbohydrates, which could be hypothetically practical in products for enteral feeding of people, were researched.

Встановлено, що найбільше значення показника кінематичної в'язкості встановлено в розчині сорбіту ( $2.403 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ), а найнижче – в розчині глюкози ( $2.166 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ). Значення динамічної в'язкості коливається в межах від  $2.166 (\text{Па} \cdot \text{с}) \cdot 10^{-3}$  (розчин глюкози) до  $2.401 (\text{Па} \cdot \text{с}) \cdot 10^{-3}$  (розчин сорбіту). Найвищим значенням показника поверхневого натягу серед досліджуваних зразків характеризується розчин цукрози, найнижчим – сорбіту.

**Material and methods.** Rheological properties of raw materials (30-% solutions of glucose, fructose and sorbitol) and products in terms of density, kinematic and dynamic viscosity and surface tension have been studied by a universal computer equipment using cyber dynamometers and program software 'Laboratory ITM' by penetration method; density – by picnometric method.

**Results.** The research of 30-% solutions of glucose, fructose and sorbitol was done. It was found that the highest value of kinematic viscosity is in sorbitol solution ( $2.403 (\text{м}^2/\text{с}) \cdot 10^{-6}$ ), and the lowest value is in glucose solution ( $2.166 (\text{м}^2/\text{с}) \cdot 10^{-6}$ ). The value of dynamic viscosity ranges from  $2.166 (\text{Па} \cdot \text{с}) \cdot 10^{-3}$  (glucose solution) to  $2.401 (\text{Па} \cdot \text{с}) \cdot 10^{-3}$  (sorbitol solution). Sucrose solution has the highest value of the surface tension among the samples, while sorbitol solution is characterized by the lowest value.

**Conclusion.** The analysis of the obtained results allowed to take into consideration rheological properties of studied carbohydrates when developing products for special dietetic nutrition, i.e. enteral nutrition based on dry soluble basis "Reabilakt" and "Reabilakt-D." The paper presents the results of research of the developed products in terms of density, kinematic and dynamic viscosity and surface tension, which prove the practicability of using the developed mixtures of the given composition as enteral nutrition.

*Key words:* rheological properties, products for special dietetic consumption – enteral nutrition, viscosity, shear stress

#### REFERENCES

1. *Wilkinson A.W.* Metabolism and the response to injury / A. W. Wilkinson, D. Cuthbertson // Pitman Medical : Tunbridge Wells. — Vol. 64, Is. 8. — 608 p.
2. *Beljaev A. V.* Parenteral'noe i jeneral'noe pitanie v intensivnoj terapii / A. V. Beljaev. — K. : KIM, 2009. — 344 s.
3. *AKE Recommendation: Enteral and Parenteral Support in Adults.* — Germany : Austria : [s. n.]. — 2000. — 92 p.
4. *Klinichnij dosvid. Harchuvannja hirurgichnih hvorih.* — Rezhim dostupu : <http://www.dovidnyk.org/articles/24/49.html>.
5. *Pochepen O. N.* Nutritivnaja podderzhka u tjazhelooobozhzhennyh / O. N. Pochepen. — Minsk : BelMAPO, 2009. — 25 s.
6. *Luft V. M.* Klinicheskoe pitanie v intensivnoj medicine / V. M. Luft, A. L. Kostjuchenko. — SPb. : Dilja, 2002. — 174 s.
7. *Horoshilov I. E.* Jeneral'noe pitanie: prostoe o slozhnom / I. E. Horoshilov // Prakticheskaja dietologija. — 2011. — № 3. — S. 36—40.
8. *Grasdalen P.* The factors of enteral nutrition / P. Grasdalen // Crit. Care Med. — 2011. — Vol. 6. — P. 142—157.
9. *Dorohovich V. V.* Naukove obruntuvannja i rozroblennja tehnologij boroshnjanih konditers'kih virobiv special'nogo dietichnogo spozhivannja : avtoref. dis. na zdobuttja nauk. stupenja dokt. tehn. nauk : spec. 05.18.16. "Tehnologija produktiv harchuvannja" / V. V. Dorohovich : Kyi'v. nac. torg.-ekon. un-t. — K., 2010. — 39 s.
10. *Velikaja E. I.* Laboratornyj praktikum po obshhej tehnologii brodil'nyh proizvodstv (obshhie metody kontrolja) / E. I. Velikaja, V. F. Suhodol. — M. : Legkaja i pishhevaja prom-st', 1983. — 312 s.
11. *Tolstoguzov V. B.* Novye formy belkovej pishhi (Tehnologicheskie problemy i perspektivy proizvodstva) / V. B. Tolstoguzov. — M. : Agropromizdat, 1987. — 303 s.