

# **Исследование влияния кукурузного, тапиокового крахмала и мальтодекстрина на сорбционно-десорбционные свойства низкобелкового печенья**

**Дорохович В.В., Грицевич М.Ю.**  
**Национальный университет пищевых технологий**

*В статье описано исследование влияния кукурузного, тапиокового крахмала и мальтодекстрина на сорбционно-десорбционные свойства низкобелкового печенья для больных фенилкетонурией. Определено влияние использованных рецептурных компонентов на сорбционный объем и диаметр пор исследуемых образцов. Наведены изотермы сорбции и десорбции, а также графики распределения пор по радиусу изделий, изготовленных согласно разработанных рецептурных композиций.*

**Введение.** Существует большое количество заболеваний, при которых людям необходимо придерживаться определённой диеты. Одним из таких заболеваний является фенилкетонурия. Фенилкетонурия - наследственная болезнь, обусловленная дефектом гена фермента фенилаланингидроксилазы. Дети, рожденные с фенилкетонурией, не способны метаболизировать аминокислоту фенилаланин, входящую в состав почти всех белков, которая из-за этого накапливается в крови. Такое ненормально высокое количество фенилаланина препятствует нормальному развитию мозга. При отсутствии лечения приводит к умственной отсталости.

На сегодняшний день, диетотерапия — это единственный эффективный способ лечения фенилкетонурии. Для полноценной жизни больных фенилкетонурией необходимо разрабатывать и производить низкобелковые продукты питания, в том числе и кондитерские изделия.

Высокое содержание фенилаланина в сырье (пшеничной муке, яйцепродуктах), из которого производятся традиционное печенье, является основной сложностью при разработке низкобелкового печенья. Нами было выбрано кукурузный и тапиоковый крахмалы, мальтодекстрин и ксантановую камедь, для того, чтобы смоделировать свойства белка в тесте и готовом продукте, и получить печенье высокого качества.

Готовое низкобелковое печенье имеет определённые отличия от традиционного, и на сегодня нет исследований о том, как кукурузный, тапиоковый крахмалы и мальтодекстрин влияют на хранение готовых низкобелковых продуктов и на сорбцию влаги. Исследование сорбционно-десорбционных свойств низкобелкового печенья является актуальным, поскольку сорбция влаги - важный показатель готовых изделий, так как он характеризует как изделия



будут вести себя во время хранения.

**Материалы и методы.** Исследование сорбционно-десорбционных свойств готовых изделий провели весовым методом на сорбционно-вакуумной установке Мак-Бена.

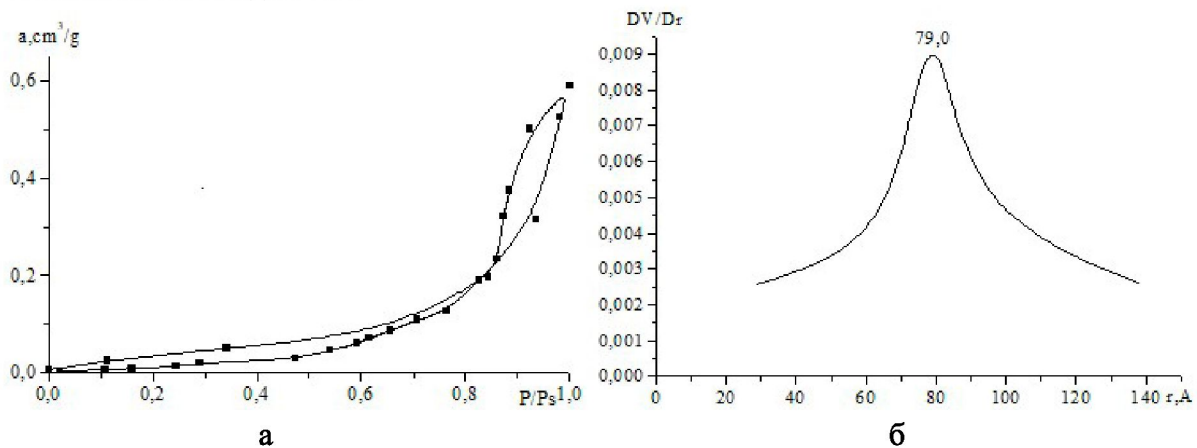
**Результаты.** Нами было разработано, представлено к дегустации в Специализированную отраслевую дегустационную комиссию и утверждено рецептуры и технические условия на 3 вида низкобелковой печени:

Образец 1 - изготовлен с использованием кукурузного крахмала, мальтодекстрина и ксантановой камеди;

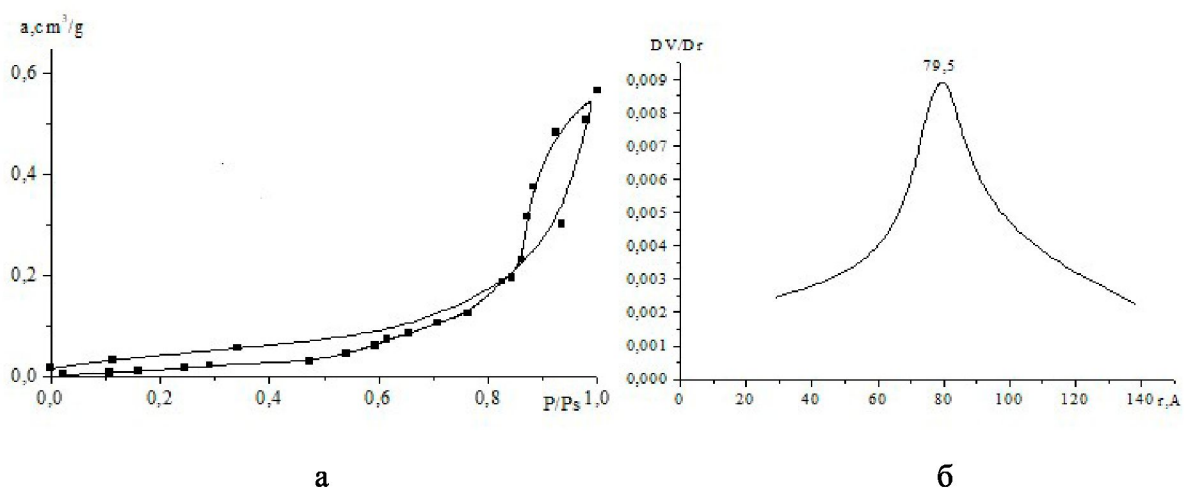
Образец 2 - изготовлен с использованием смеси кукурузного и тапиокового крахмалов (пропорционально 80 и 20% соответственно), мальтодекстрина и ксантановой камеди;

Образец 3 - изготовлен с использованием кукурузного крахмала и ксантановой камеди.

На рис. 1, 2 и 3 изображены изотермы сорбции и десорбции влаги готовыми низкобелковыми изделиями.



**Рис. 1.** Изотермы сорбции и десорбции (а) и график распределения пор по радиусу (б) изделий, изготовленных из кукурузного крахмала, мальтодекстрина и ксантановой камеди (образец №1).



**Рис. 2.** Изотермы сорбции и десорбции (а) и график распределения пор по радиусу (б) изделий, изготовленных из смеси кукурузного и тапиокового крахмалов (пропорционально 80 и 20% соответственно), мальтодекстрина и ксантановой камеди (образец №2).

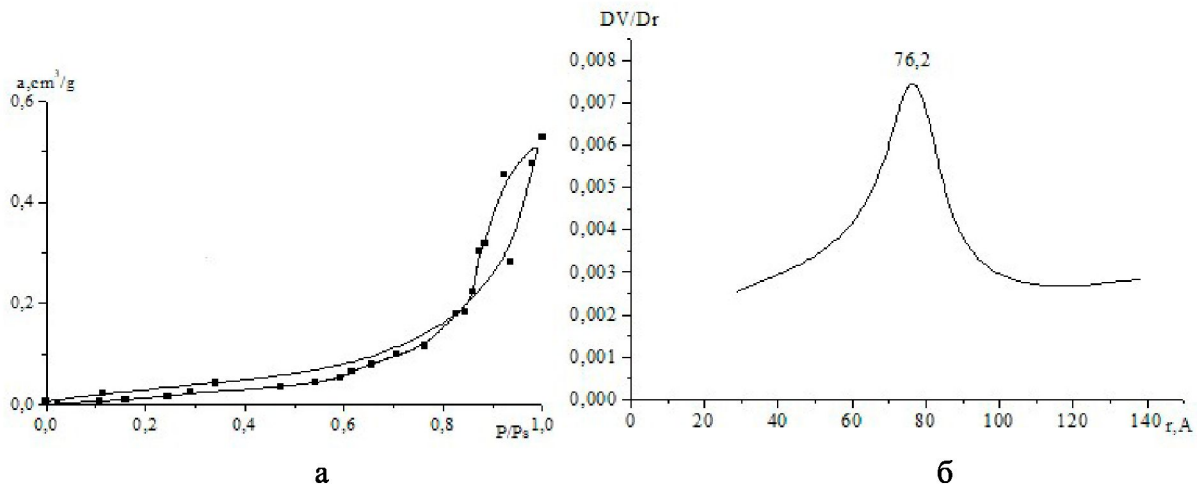


Рис. 3. Изотермы сорбции и десорбции (а) и график распределения пор по радиусу (б) изделий, изготовленных с использованием кукурузного крахмала и ксантановой камеди (образец №3).

Для сравнения полученных результатов рассмотрим рис.4.

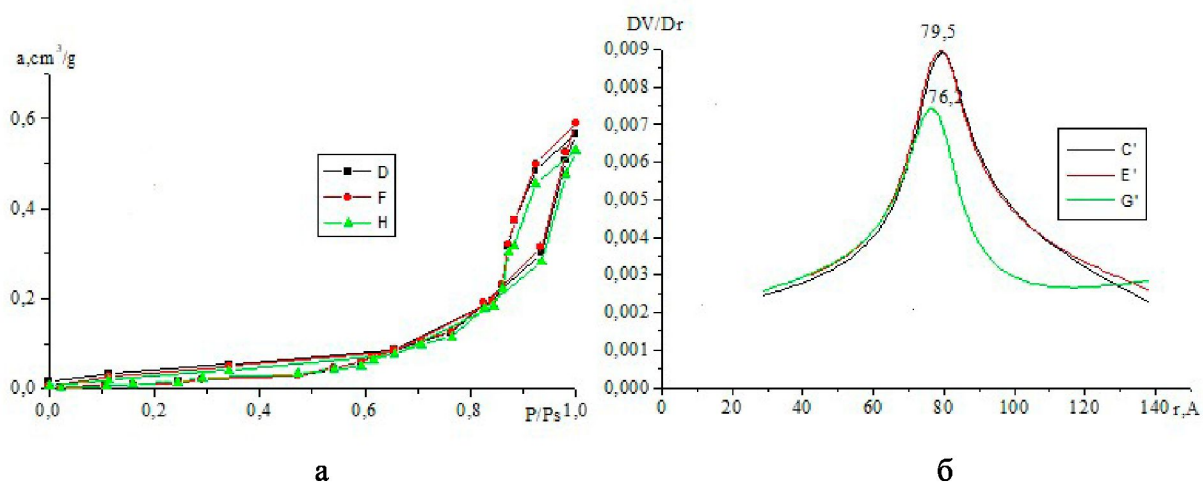


Рис. 4. Изотермы сорбции и десорбции (а) и график распределения пор по радиусу (б) изделий, изготовленных согласно разработанных рецептурных композиций,

где:

- буква D (черная линия) на рисунке А, буква С (черная линия) на рисунке Б соответственно образец №1, кукурузный крахмал + мальтодекстрин;
- буква F (красная линия) на рисунке А, буква Е (красная линия) на рисунке Б соответственно образец №2, кукурузный крахмал + тапиоковый крахмал + мальтодекстрин;
- буква Н (зеленая линия) на рисунке А, буква G (зеленая линия) на рисунке Б соответственно образец №1, кукурузный крахмал + ксантановая камедь.

Исходя из первого графика адсорбции влаги, можно сказать, что образцы адсорбировали влагу до давления  $P / P_s = 0,3$  неактивно, потому что шла так называемая адсорбция поверхностного слоя образцов, а дальше - шла проникновение к внутреннему объему и адсорбция активировалась, потому под давлением влаги образцы разрыхлялись и впитывались пары, из-за того, что объём пор образцов достаточно большой.



Больше всего набирал влагу образец №2 «Кукурузный + тапиоковый крахмал + мальтодекстрин», поскольку его объем пор равен:  $V_s = 0,59 \text{ см}^3/\text{г}$ , а меньше набирал влагу образец №3 «Кукурузный крахмал + ксантановая камедь», о чем свидетельствует его объем пор:  $V_s = 0,53 \text{ см}^3/\text{г}$ .

Петли гистерезиса (площадь между кривой адсорбции, что идет от нуля вверх и десорбции, что идет сверху нуля) у всех образцов почти одинаковые, что свидетельствует о похожих структурных данных (Рис.4. (Б)).

На кривой распределения пор по радиусам видно, что у образца №2 «Кукурузный + тапиоковый крахмал + мальтодекстрин» пик высокий, то есть больших пор у него больше всего с диаметром 79,5 ангстрем. Наименьший пик у образца №3 «Кукурузный крахмал + ксантановая камедь», крупных пор у него мало, поэтому и объем пор у него маленький.

Все образцы имеют почти подобную адсорбционную структуру, так как их адсорбционные кривые совпадают по форме. Хотя у образца №2 «Кукурузный + тапиоковый крахмал + мальтодекстрин» кривая самая большая по объему петли гистерезиса, а у образца №3 «Кукурузный крахмал + ксантановая камедь» - наименьшая.

Из графика распределения пор по радиусам можно увидеть наглядно и вычислить количество пор. Это определяется так: перпендикуляр опускают с конца закругления оси абсцисс с каждой стороны и площадь под перпендикулярами дает количество пор. На графиках распределения пор по радиусам видно, что наибольшее количество пор и самый высокий пик у образца: №2 «Кукурузный + тапиоковый крахмал + мальтодекстрин» (диаметр пор 79,5 ангстрем), а у образца «Кукурузный крахмал + ксантановая камедь» - самый пик с радиусом пор 76,2 ангстрем и по таблице структурных характеристик диаметр пор меньше, потому что у него меньшее количество пор.

Все образцы имеют прекрасный выпуклый гистерезис, однако дальше линия десорбции не ложится на линию адсорбции и не заканчивается на нуле, потому что образцы имеют хемосорбцию - влага химически связалась с образцами, что свидетельствует о неокончательном удалении сорбата.

Хемосорбция - это химическая связь молекул образцов с адсорбатом, который не разрушается даже при полном вакуумировании при температуре съемки, то есть при 20°C.

Таблица 1. - Результаты определения свойств сорбции и десорбции

№п\п	Название образца	Удельная адсорбционная поверхность образцов $S, \text{ м}^2/\text{г}$	Квадрат погрешности расчета адсорбционной поверхности, $R^2$	Сорбционный объем пор образцов, $V_s, \text{ см}^3/\text{г}$	Диаметр пор в ангстремах, D, А
1.	Образец №1	1	0,5963	0,57	79,0
2.	Образец №2	1	0,7092	0,59	79,5
3.	Образец №3	1	0,5008	0,53	76,2

Где:  $S, \text{ м}^2/\text{г}$  - удельная адсорбционная поверхность образцов (монослой, верхний слой);  
 $V_s, \text{ см}^3/\text{г}$  - сорбционный объем пор образцов (наибольшее количество воды, которое может поглотить образец при 20°C и давлении 17,54 ММРС);

$R^2$  - квадрат погрешности расчета адсорбционной поверхности



**Выводы.** Как видно из данных проведённого исследования, наличие мальтодекстрина в печенье приводит к увеличению сорбционного объёма пор образцов. При этом диаметр пор увеличивается. Диаметр пор двух исследуемых образцов №1 (кукурузный + мальтодекстрин + камедь ксантана) и №2 (кукурузный + тапиоковый крахмал + мальтодекстрин + камедь ксантана) примерно одинаков, что свидетельствует о том, что использование тапиокового крахмала в количестве 20% от общего количества крахмала не способно существенно повлиять на диаметр пор, но может не существенно повлиять на сорбционный объём пор. Образца №3 (кукурузный крахмал + ксантановая камедь) имеет меньший диаметр и сорбционный объём пор.

### **Список использованной литературы**

1. Firman, S., Witard, O. C., O’Keeffe, M., & Ramachandran, R. 2020.: *Dietary protein and protein substitute requirements in adults with phenylketonuria: a review of the clinical guidelines*. Clinical Nutrition.
2. Hillert, A., Anikster, Y., Belanger-Quintana, A., Burlina, A., Burton, B. K., Carducci, C., ... & Blau, N. 2020.: *The Genetic Landscape and Epidemiology of Phenylketonuria*. The American Journal of Human Genetics, 107(2), 234-250.
3. Krämer, J. 2020.: *Sustaining benefits of nutritional therapy in young adults with phenylketonuria-A 2 year prospective study*. Molecular genetics and metabolism reports, 22, 100573.

## **Study of the effect of corn, tapioca starch and maltodextrin on the sorption-desorption properties of low-protein cookies**

**Dorokhovich V., Gritsevich M.**

**National University of Food Technology**

### **Summary**

The article describes a study of the effect of corn, tapioca starches and maltodextrin on the sorption-desorption properties of low-protein cookies for patients with phenylketonuria. The influence of the recipe components on the sorption pore volume and pore diameter of the samples were determined. Isotherms of sorption and desorption, as well as graphs of pore distribution along the radius of products made according to the developed recipes compositions, have been shown.