

## **ТИТРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАРБОКСИЛЬНЫХ ГРУПП ПРОДУКТОВ ФЕРМЕНТАЦИИ ВЫСОКО- И НИЗКОЭТЕРИФИЦИРОВАННЫХ ПЕКТИНОВ**

**Клебанова Наталья Александровна**

доцент кафедры естествознания, МГУ имени А. А. Кулешова,  
кандидат химических наук, доцент (г. Могилев, Беларусь)  
klebanova@msu.by

**Тарасова Алёна Владимировна**

студентка факультета математики и естествознания,  
МГУ имени А. А. Кулешова (г. Могилев, Беларусь)  
avtarasova00@gmail.com

**Седакова Валентина Антоновна**

заведующий кафедрой естествознания, МГУ имени А. А. Кулешова,  
кандидат технических наук, доцент (г. Могилев, Беларусь)  
sedakova@msu.by

**Клебанов Александр Владимирович**

доцент кафедры естествознания, МГУ имени А. А. Кулешова,  
кандидат химических наук, доцент (г. Могилев, Беларусь)  
klebanov@msu.by

**Ключевые слова:** высоко- и низкоэтерифицированный пектин, бифидобактерии, карбоксильные группы.

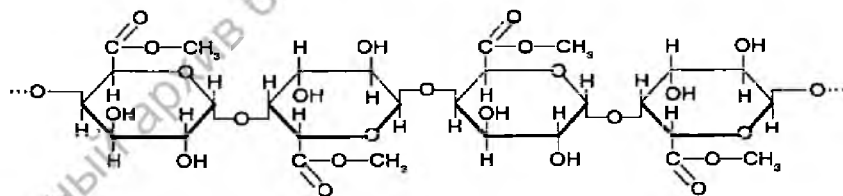
**Keywords:** high and low esterified pectin, bifidobacteria, carboxyl groups.

**Аннотация.** В статье представлены экспериментальные данные по исследованию ферментативного распада пектиновых веществ разной степени этерификации под действием бифидобактерий: методом кислотно-основного титрования определялось содержание карбоксильных групп в анализируемых системах от времени. Установлено, что до процесса ферментации количество карбоксильных групп больше в низкоэтерифицированных пектинах, а скорость их образования в процессе ферментации больше в пектинах с высокой степенью этерификации.

**Abstract.** The article presents experimental data on the study of the enzymatic decomposition of pectin substances of varying degrees of esterification under the influence of bifidobacteria: the number of carboxyl groups in the analyzed systems was determined by the method of acid-base titration from time to time. It has been established that before the fermentation process, the number of carboxyl groups is greater in low-esterified pectins, and the rate of their formation during fermentation is greater in pectins with a high degree of esterification.

Пектины – это растворимые полисахариды, образованные повторяющимися остатками  $\alpha$ -D-галактуроновой кислоты, содержащей свободные карбоксильные –COOH группы, каждая из которых способна вступать в химическое взаимодействие, например, в реакцию этерификации. Однако часть карбоксильных групп в молекуле пектина остаются свободными (не этерифицированными), в связи с чем принято классифицировать пектины по степени этерификации.

Степень этерификации (СЭ) – это отношение числа этерифицированных –COOH групп на каждые 100 карбоксильных групп, выражаемое в процентном соотношении. По такому принципу различают высокоэтерифицированный пектин (СЭ более 50%) и низкоэтерифицированный пектин (СЭ менее 50%).



Строение молекулы этерифицированного пектина

Известно, что пектиновые вещества обладают пребиотическими свойствами, то есть ферментируются облигатной микрофлорой толстого кишечника, на 90% состоящей из анаэробных лакто- и бифидобактерий. Основными метаболитами кишечной микрофлоры являются короткоцепочечные жирные кислоты (КЦЖК), содержащие карбоксильные –COOH группы.

Целью настоящей работы являлось количественное определение содержания карбоксильных групп в растворах низко- и высокоэтерифицированного пектина при действии бифидобактерий.

*Объекты исследования:* низкоэтерифицированный пектин и высокоэтерифицированный пектин (58,0–62,0%), экстрагированные из цитрусовых выжимок и стандартизированные сахарозой (производитель Германия). В качестве препарата бактерий использовали препарат «Бифидумбактерин (сухой)», одна доза которого содержит жизнеспособные бактерии штамма *Bifidobacterium bifidum* не менее  $10^7$  КОЕ (производитель Республика Беларусь).

Анализируемые системы готовили путем предварительного растворения 1 г пищевого волокна в 100 г дистиллированной воды и добавления 1 дозы препарата бактерий. Подбор концентраций бактерий проводили в соответствии с медицинскими рекомендациями применения препаратов для профилактических целей поддержания нормальной микрофлоры кишечника. Анализируемые системы выдерживали в термостате при температуре в течение 28 часов при температуре  $38^\circ\text{C}$ .

*Методы исследования:* исследование количественного содержания карбоксильных групп в растворах пектинов проводилось методом кислотнo-основного титрования с использованием индикатора Хинтона [1]. Содержание свободных карбоксильных групп ( $K_c$ , %) рассчитывали по формуле:

$$K_c = \frac{V_{\text{NaOH}}}{m_{\text{пектина}}} \cdot 0,0045 \cdot \frac{V_{\text{колбы}}}{V_{\text{аликвоты}}} \cdot 100\%$$

где  $V_{\text{NaOH}}$  – объем 0,1 н раствора NaOH, израсходованный на титрование, мл; 1 мл 0,1 н раствора NaOH соответствует 0,0045 г –COOH.

Для анализа полученных результатов рассчитывали изменение содержания карбоксильных групп полисахаридов  $\Delta K_c$  в результате действия препарата бактерий по формуле:

$$\Delta K_c = \frac{K_{c \text{ бакт.}} - K_{c \text{ без бакт.}}}{K_{c \text{ без бакт.}}} \cdot 100\%$$

где  $K_{c \text{ бакт.}}$  – содержание карбоксильных групп в системе «бактерии – пектин»,  $K_{c \text{ без бакт.}}$  – содержание карбоксильных групп в пектине без воздействия бактерий.

*Результаты и их обсуждение.* Общее количество свободных карбоксильных групп изначально больше у низкоэтерифицированного пектина ( $K_c = 7,1\%$ ), так как его функциональные группы не задействованы

в образовании эфирной связи в отличие от пектина с высокой степенью этерификации ( $K_C = 5,3\%$ ).

В результате действия бифидобактерий на образцы пектина с различной степенью этерификации количество свободных карбоксильных групп возрастало с течением времени, что связано с процессом ферментации пектинов бифидобактериями. Скорость возрастания карбоксильных групп наибольшая в начальный момент времени, затем уменьшается, что согласуется с теоретическими представлениями о зависимости скорости реакции от концентрации субстрата.

Величина  $\Delta K_C$  достигает максимума через 10 часов действия бифидобактерий на образцы всех пектинов и составляет 4,55% для низкоэтерифицированного пектина и 14,3% – для высокоэтерифицированного.

*Заключение.* Таким образом, значения  $\Delta K_C$  оказались больше у высокоэтерифицированного пектина по сравнению с пектином с низкой степенью этерификации, что может быть связано с дополнительным процессом гидролиза высокоэтерифицированного пектина по сложноэфирной связи.

Перспективным направлением дальнейших исследований является качественное и количественное определение кислот, образующихся при ферментации пектинов, методом газо-жидкостной хроматографии.

#### Список литературы

1. Пектин. Производство и применение / под редакцией Н.С. Карповича // Киев: Урожай, 1989. – С. 23–24.