

УДК 628.35

СОРБЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ БИОФЛОКУЛЯНТА *STR. CHROMOGENES* S.G. 0832 И ЕГО СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

© Л.В. Брындина, К.К. Полянский

Ключевые слова: адсорбция белков; биофлокуляция; мясная промышленность; очистка стоков.

Проведена сравнительная оценка адсорбции наиболее распространенных белков отработанных технологических жидкостей мясной промышленности: коллагена, кератина, гемоглобина, миозина на культуре *Streptomyces chromogenes* s.g. 0832. Установлено, что процесс сорбции лучше протекал с коллагеном и кератином (фибрилярными белками). Это связано с тем, что наряду с процессом биофлокуляции протекает глубокий ферментативный гидролиз белков с образованием большого количества аминокислот, и это увеличивает число полярных групп на поверхности границы раздела фаз и способствует формированию прочного мономолекулярного слоя.

Несмотря на широкое применение в очистке сточных вод традиционных коагулянтов: сульфатов и хлоридов железа (Fe^{2+} , Fe^{3+}), алюминия (Al^{3+}), в последнее время особый интерес проявляется к флокулянтам, которые не только снижают дозы вышеуказанных, но и начинают завоевывать рынок как самостоятельные вещества в очистке сточных вод. Многие страны Западной Европы уже более 80 лет [1].

Развитие биотехнологии позволило создать новое направление в производстве флокулянтов, а именно, использование биофлокулянтов.

Целью исследования было проведение сравнительной оценки адсорбции наиболее распространенных белков отработанных технологических жидкостей мясной промышленности: коллагена, кератина, гемоглобина, миозина – на культуре *Streptomyces chromogenes* s.g. 0832.

Сорбционные свойства *Streptomyces chromogenes* s.g. 0832 изучали в статическом режиме при комнатной температуре.

Исследование сорбционной емкости клеток актиномицета проводили следующим образом: 3 см³ культуральной жидкости, что соответствует 4 мг ($m = \rho \cdot V = 1260 \cdot 0,003 = 0,004$ г), помещали в конические колбы и добавляли 100 см³ раствора белка концентрацией 1000 мг/дм³. Содержимое оставляли в контакте на 1,5 ч при периодическом перемешивании, после чего твердую фазу отделяли декантацией, определяли содержание в нем остаточного белка. Для изучения сорбцион-

ных характеристик актиномицета были взяты белки: миоглобин, гемоглобин (H-2509), коллаген и кератин (предварительно обработанный) [2].

В табл. 1 показана зависимость оптической плотности (Д) от времени контакта образцов белков с биофлокулянтном, из которого видно, что оптическая плотность образцов исследуемых белков со временем уменьшается. Это говорит о способности *Streptomyces chromogenes* s.g. 0832 извлекать из раствора белок. Оптимальное время для адсорбции составляет около 60 мин. Дальнейшее контактирование образцов белков с биосорбентом не приводило к существенным изменениям оптической плотности. Следует обратить внимание на то, что процесс сорбции лучше протекал с коллагеном и кератином (фибрилярными белками). Хотя известно, что глобулярные белки подвергаются лучшему адсорбционному взаимодействию. Они обладают ярко выраженной поверхностной активностью, которая проявляется при попадании макромолекулы на границу раздела фаз [3].

Возможно, переход коллагена и кератина в растворимую форму за счет ферментативного гидролиза *Streptomyces chromogenes* s.g. 0832 позволил увеличить количество гидрофильных остатков аминокислот на поверхности белка, что, в свою очередь, привело к увеличению адсорбции. Для подтверждения этого предположения были проведены исследования по определению продуктов ферментативного гидролиза.

Таблица 1

Сорбционная способность *Streptomyces chromogenes* s.g. 0832 к белкам

Белок	Оптическая плотность (Д) в зависимости от продолжительности контакта биофлокулянта с раствором белка						
	0	15	30	45	60	75	90
Коллаген	0,50	0,25	0,22	0,20	0,19	0,19	0,19
Гемоглобин	0,47	0,38	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35
Миоглобин	0,48	0,27	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24
Кератин	0,46	0,18	0,16	0,15	0,14	0,14	0,14

Таблица 2

Динамика накопления продуктов ферментативного гидролиза белков

Продолжительность гидролиза, ч	Содержание в 100 дм ³ гидролизата, %											
	Растворимый белок				Пептиды				Аминокислоты			
	кератин		коллаген		кератин		коллаген		кератин		коллаген	
	K*	Ca ²⁺	K	Ca ²⁺	K	Ca ²⁺	K	Ca ²⁺	K	Ca ²⁺	K	Ca ²⁺
0	4,0	4,2	4,2	4,3	1,1	1,4	0,5	0,7	0	0	0	0
0,5	18,4	4,5	30,3	26,0	3,9	1,5	6,2	4,7	56,3	82,2	42,0	57,3
1	18,7	4,7	32,4	28,4	4,5	1,8	9,3	4,4	61,3	87,1	45,3	60,2
2	20,3	4,7	35,7	30,1	4,7	2,2	2,1	2,5	61,3	88,4	46,7	62,4
3	20,3	6,1	36,3	28,5	5,4	2,4	2,1	2,0	63,0	88,6	48,1	64,5
4	19,7	5,5	35,7	24,6	5,7	3,2	6,0	7,3	65,67	88,9	49,3	65,1
5	17,5	5,1	36,8	25,3	5,7	3,6	6,7	7,5	69,9	89,0	49,5	65,2

Примечание: K* – гидролиз белков без добавления ионов Ca²⁺.

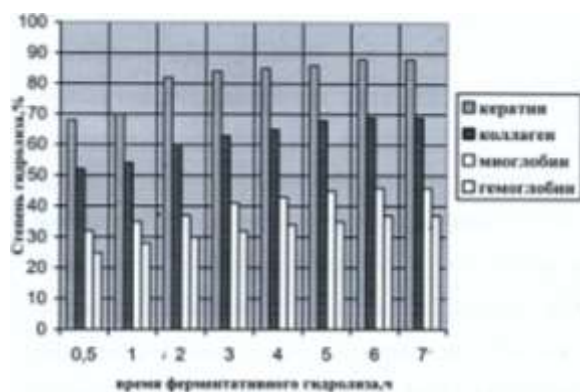


Рис. 1. Зависимость степени гидролиза белков от продолжительности воздействия ферментного комплекса *Streptomyces chromogenes* s.g. 0832

Влияние продолжительности ферментативного гидролиза представлено на рис. 1, из которого видно, что интенсивное расщепление белков кератина и коллагена ферментным комплексом *Streptomyces chromogenes* s.g. 0832 происходит за первый час и достигает своего наибольшего значения к 4–5 ч. Гемоглобин и миоглобин практически не подвергаются воздействию ферментных систем данного микроорганизма, чем и объясняется отсутствие данных по их гидролизу в табл. 2.

Следует особо подчеркнуть, что ионы Ca²⁺ являются весьма эффективными активаторами ферментного комплекса данного микроорганизма (рис. 2). Внесение в гидролизуюемую среду 0,5·10⁻³ М этих ионов резко интенсифицирует процесс превращения растворимых кератина и коллагена в конечный продукт гидролиза – аминокислоты. Динамика накопления продуктов гидролиза белков кератина и коллагена представлена в табл. 2 [4].

Из данных, представленных в табл. 2, видно, что ферментные системы предлагаемого биофлокулянта переводят в растворимую форму большую часть белка. При этом происходит глубокий гидролиз белков: аминокислотная фракция составляет от 42 до 82 % в зависимости от условий. Это приводит к образованию большого количества аминокислот, что увеличивает

число полярных групп на поверхности границы раздела фаз и способствует формированию прочного мономолекулярного слоя. На него сорбируется следующий слой и т. д. Образуются прочные пространственные пленочные структуры за счет строгой ориентации молекул по отношению к граничной области.

Экспериментальные исследования по оценке адсорбционной активности рассматриваемого биофлокулянта по отношению к белкам представлены на рис. 3.

Уравнение

$$1/A = 1/A_{\infty} + [1/(A_{\infty}K) \cdot 1/C],$$

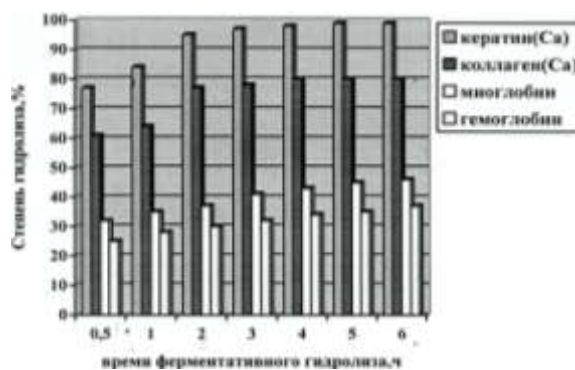


Рис. 2. Зависимость степени гидролиза белков от продолжительности воздействия ферментного комплекса *Streptomyces chromogenes* s.g. 0832 в присутствии ионов Ca²⁺

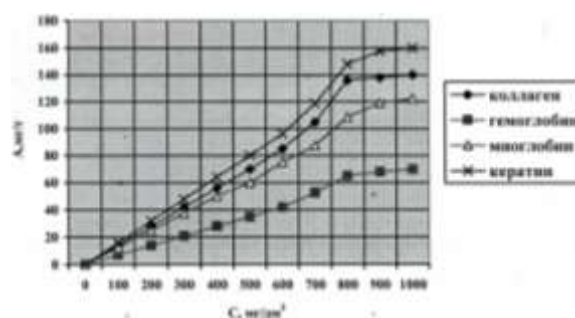


Рис. 3. Изотермы сорбции белков культурой *Streptomyces chromogenes* s.g. 0832

Таблица 3

Сорбционные характеристики *Streptomyces chromogenes* s.g. 0832
по отношению к некоторым белкам

Показатели	Кератин	Гемо- глобин	Мио- глобин	Колла- ген
Предельная адсорбция A_{∞} , мг/г	167	71,4	125	143

где A_{∞} – предельная величина адсорбции, мг/г; K – константа адсорбционного равновесия; C – концентрация раствора, мг/дм³, позволяет графически найти A_{∞} . $1/A_{\infty}$ отвечает отрезку, отсекаемому на оси ординат, а тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс равен $1/(A_{\infty} \cdot K)$, откуда можно определить K .

Предельная адсорбция определяется размерами полярной группы, а адсорбированный слой при этом мономолекулярен.

Из данных, представленных в табл. 3, видно, что величины предельной адсорбции кератина и коллагена близки. Это свидетельствует о примерно одинаковой доступности внутренней поверхности клеток актиномицета для молекул рассматриваемых белков. Адсорбция гемоглобина почти в 4 раза ниже таковой для коллагена и в 5 раз ниже, чем для кератина.

Таким образом, экспериментальные данные позволили нам подтвердить, что в данном случае в процессе

очистки технологических белковосодержащих отработанных жидкостей наряду с сорбционными возможностями биофлокулянта участвуют и его ферментные системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Величко Б.А., Абрамов Г.А., Шутова А.А. Результаты и перспективы применения биосорбентов при решении некоторых экологических проблем // Экология промышленного производства. 1998. № 12. С. 42-47.
2. Насонова Л.В., Жеребцов Н.А. Способ получения кератиназы. А.С. № 1565888. 24.07.90. Б.И. № 19.
3. Brynda E., Houska M., Pokorna Z., Cepalova N.A., Moisab Yu.V., Kutnl J. Adsorption of human serum albumin and fibrinogen onto a polyethilen film // J. Bioengng. 1978. V. 2. № 2. P. 411.
4. Бузов И.П. Определение протеолитической активности молокоосвертывающих протеаз // Рукопись ВНИИМС. 1973.

Поступила в редакцию 8 апреля 2013 г.

Bryndina L.V., Polyanskiy K.K. SORPTION ABILITIES OF BIO-FLOCCULATION *STREPTOMYZES CHROMOGENES* S.G. 0832 AND ITS SPECIFIC PROPERTIES

The comparative evaluation of the adsorption of the most abundant proteins of used process fluids of meat industry such as collagen, keratin, hemoglobin, myosin in culture *Streptomyces chromogenes* s.g. 0832 is made. It is found that the sorption is better held with collagen and keratin (fibrous protein). This is due to the fact that along with the process bio-flocculation runs deep enzymatic hydrolysis of proteins to form a large number of amino acids, which increases the number of polar groups on the surface of the interface and promotes lasting monomolecular layer.

Key words: adsorption of proteins; bio-flocculation; meat industry; wastewater treatment.