

Документ подписан простой электронной подписью  
 Информация о владельце:  
 ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
 Должность: врио ректора  
 Дата подписания: 27.09.2022 11:05:45  
 Уникальный программный ключ:  
 69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



**УТВЕРЖДАЮ**  
 Руководитель ООП \_\_\_\_\_ **Ю.А. Рыжков**  
 « 26 » августа 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины  
 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
 ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ**

Направление подготовки	19.03.02 Продукты питания из растительного сырья
Наименование образовательной программы (профиль)	Технология и экспертиза продуктов растительного происхождения
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная, заочная
Закреплена за кафедрой	Биохимии и биотехнологии

Вид учебной работы и форма контроля	Очная форма	Заочная форма
	курс, семестр	курс, сессия
Общая трудоёмкость дисциплины:	4 курс, 7 семестр	4 курс, зимняя сессия
- в зачётных единицах	3	3
- в часах	108	108
Аудиторные занятия, часов:	45	8
- лекции	15	4
- практические занятия	30	4
- лабораторные работы		
Самостоятельная работа, часов	33	96
курсовая работа		
прочие виды	30	4
Зачёт	*	*
Экзамен		

Тверь 2022

## Аннотация

### 1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом «Ферменты в пищевой промышленности»

### 2. Цели и задачи дисциплины

Курс «Ферменты в пищевой промышленности» предназначен для углубленного изучения ферментов, используемых в пищевой промышленности, в производствах для получения продуктов биотехнологии, а также в обучении студентов практических навыков работы с ферментными препаратами.

Целью преподавания курса является подготовка специалистов в области пищевой биотехнологии, обладающих глубокими фундаментальными знаниями, способных рационально проводить поисковые экспериментальные исследования, а также формирование и развитие у обучающихся следующей профессиональной компетенции: способность использовать в практической деятельности специализированные знания фундаментальных разделов физики, химии, биохимии, математики для освоения физических, химических, биохимических, биотехнологических, микробиологических, теплофизических процессов, происходящих при производстве продуктов питания из растительного сырья (ПК-5).

Задачи:

- эффективно использовать в научно-исследовательской и практической работе современные методы биохимических исследований,
- обобщать и анализировать полученные результаты,
- осуществлять перспективное планирование биотехнологических процессов на основе последних достижений в данной отрасли.

### 3. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Ферменты в пищевой промышленности» включена в вариативную часть Модуля 3. Дисциплины, формирующие ПК-компетенции, раздела дисциплин по выбору учебного плана подготовки бакалавров по направлению подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья», профиль подготовки «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий».

### 4. Объем дисциплины или модуля:

Очная форма обучения: 3 зачетных единиц, 108 академических часов, в том числе **контактная работа:** лекции 32 часов, практические занятия 16 часов, **самостоятельная работа:** 60 часов.

Заочная форма обучения: 3 зачетных единиц, 108 академических часов, в том числе **контактная работа:** лекции 8 часов, практические занятия 8 часов, **самостоятельная работа:** 88 часов, 4 часа (контроль)

### 5. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
- способность использовать в практической деятельности специализированные знания фундаментальных	<b>ВЛАДЕТЬ:</b> способностью определять состав продуктов ферментативных реакций, с использованием различных качественных и количественных биохимических методов; <b>УМЕТЬ:</b> объяснять биологическую сущность ферментных процессов; иметь представления о возможности использования ферментов в пищевой промышленности, находить взаимосвязь между структурой субстрата и фермента. регулировать

разделов физики, химии, биохимии, математики для освоения физических, химических, биохимических, биотехнологических, микробиологических, теплофизических процессов, происходящих при производстве продуктов питания из растительного сырья (ПК-5).	активность ферментных препаратов посредством всевозможных физико-химических факторов в различных биотехнологических процессах; уметь оценить эффективность использования тех или иных ферментных препаратов при производстве при получении важнейших продуктов биотехнологии. <b>ЗНАТЬ:</b> теоретические основы ведущих отраслей биотехнологии, использующие ферменты, уровень и перспективы их развития; методы синтеза, выделения, очистки ферментов из различных источников; уровни структурной организации, механизмы действия, способы регуляции активности ферментов; использование ферментных препаратов в промышленности.
--	---

#### 6. Форма промежуточной аттестации

Очная форма: зачет в 6 семестре.

Заочная форма: зачет на 5 курсе.

#### 7. Язык преподавания русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

#### 1. Для студентов очной формы обучения

Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самост. работа (час.)
		Лекция	Лаб. занятия	
1. Этапы развития учения о ферментах. Природа ферментативной реакции.	4	2	-	2
2. Классификация ферментов.	5	2	1	2
3. Продуценты ферментов.	8	2	1	5
4. Методы культивирования продуцентов ферментов, характеристика отдельных ферментных препаратов.	8	2	1	5
5. Выделение и очистка ферментов.	13	4	2	7
6. Промышленное получение ферментов.	8	2	1	5
7. Общие свойства ферментов.	13	4	2	7
8. Уровни структуры ферментов. Понятие об активном центре ферментов.	8	2	1	5
9. Влияние физико-химических факторов на скорость ферментативной реакции.	9	2	2	5
10. Основы ферментативной кинетики, термодинамики.	10	4	1	5

11. Биохимические основы применения ферментов в различных отраслях промышленности.	5	2	2	3
12. Функциональные группы активного центра ферментов, механизмы действия.	6	2	1	3
13. Перспективные направления использования ферментов	6	2	1	3
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>60</b>

## 2. Для студентов заочной формы обучения

Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самост. работа (час.)
		Лекция	Лаб. занятия	
1. Этапы развития учения о ферментах. Природа ферментативной реакции.	7	1	-	6
2. Классификация ферментов.	8	1		7
3. Продуценты ферментов.	8	1		7
4. Методы культивирования продуцентов ферментов, характеристика отдельных ферментных препаратов.	8	1	1	6
5. Выделение и очистка ферментов.	8	1	1	6
6. Промышленное получение ферментов.	8	1		7
7. Общие свойства ферментов.	8	1		7
8. Уровни структуры ферментов. Понятие об активном центре ферментов.	8	1		7
9. Влияние физико-химических факторов на скорость ферментативной реакции.	8		1	7
10. Основы ферментативной кинетики, термодинамики.	8		1	7
11. Биохимические основы применения ферментов в различных отраслях промышленности.	8		1	7
12. Функциональные группы активного центра ферментов, механизмы действия.	8		1	7
13. Перспективные направления использования ферментов	8		1	7
Контроль	4			
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>88</b>

## III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

- сборники тестов для самоконтроля

- написание эссе
- подготовка и защита электронных презентаций

#### IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

##### 1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции

**ПК-5** способностью использовать в практической деятельности специализированные знания фундаментальных разделов физики, химии, биохимии, математики для освоения физических, химических, биохимических, биотехнологических, микробиологических, теплофизических процессов, происходящих при производстве продуктов питания из растительного сырья.

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания																																			
<p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> методами и приемами работы с ферментами пищевого сырья и коммерческими ферментными препаратами.</p>	<p><b>I. Ситуационная задача:</b>            Был получен гомогенат в 0,25 М сахарозе из 50 г печени крысы. С использованием метода дифференциального центрифугирования были получены субклеточные фракции, в которых определили содержание белка и активность глюкозо-6-фосфатазы. Глюкозо-6-фосфатазную активность определяли по накоплению фосфата неорганического при инкубировании реакционной среды, содержащей глюкозо-6-фосфат и исследуемую фракцию (ферментный препарат). Полученные данные приведены в таблице:</p> <table border="1" data-bbox="564 1301 1086 1570"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Параметры</th> <th colspan="5">Фракция</th> </tr> <tr> <th>гомогенат</th> <th>ядра</th> <th>митохондри</th> <th>микросомы</th> <th>цитозоль</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Общий объем, мл</td> <td>50</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>5</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>Содержание белка, мг/мл</td> <td>24</td> <td>35</td> <td>49</td> <td>31</td> <td>2,2</td> </tr> <tr> <td>Объем, взятый для определения активности фосфатазы, мл</td> <td>0,5</td> <td>0,5</td> <td>0,5</td> <td>0,05</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Изменение содержания неорганического фосфата за 5 мин, мкг</td> <td>23</td> <td>7,5</td> <td>19</td> <td>18</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Определите удельную активность глюкозо-6-фосфатазы (в мкг фосфата неорганического, образовавшегося за 1 мин, приходящиеся на 1 мг белка) в гомогенате и субклеточных фракциях, количество глюкозо-6-фосфатазы и белка общее и в каждой фракции. Какие выводы о локализации фермента в клетке можно сделать на основании полученных результатов? В какой степени происходит инактивация глюкозо-6-фосфатазы при фракционировании?</p>	Параметры	Фракция					гомогенат	ядра	митохондри	микросомы	цитозоль	Общий объем, мл	50	10	10	5	75	Содержание белка, мг/мл	24	35	49	31	2,2	Объем, взятый для определения активности фосфатазы, мл	0,5	0,5	0,5	0,05	1,0	Изменение содержания неорганического фосфата за 5 мин, мкг	23	7,5	19	18	2	<p>Имеется полное верное решение, включающее правильный ответ – 3 балла            Дано верное решение, но получен неправильный ответ из-за арифметической ИЛИ решение недостаточно обосновано ИЛИ в решении имеются лишние или неверные записи, не отделенные от решения – 2 балла            Имеется верное решение части задачи, из-за логической ошибки – 1 балл            Решение не дано ИЛИ дано неверное решение – 0 баллов            1 балл – «3»            2 балла – «4»            3 балла – «5»</p> <p>-раскрыта проблемы на теоретическом уровне, с корректным использованием понятий в контексте ответа – 2 балла;            -представлена аргументированная собственная точка</p>
Параметры	Фракция																																				
	гомогенат	ядра	митохондри	микросомы	цитозоль																																
Общий объем, мл	50	10	10	5	75																																
Содержание белка, мг/мл	24	35	49	31	2,2																																
Объем, взятый для определения активности фосфатазы, мл	0,5	0,5	0,5	0,05	1,0																																
Изменение содержания неорганического фосфата за 5 мин, мкг	23	7,5	19	18	2																																

	<p><b>II. Написание эссе</b></p> <p>1. Основные направления использования протеолитических, липолитических, пектолитических ферментов в биотехнологических процессах.</p> <p>2. Аспекты применения ферментов, связанные с их безвредностью для здоровья.</p> <p>3. Перспективы пищевой энзимологии.</p>	<p>зрения (позиции, отношения) – 2 балла;          -представлена собственная точка зрения, но не аргументирована – 1 балл;          -внутреннее смысловое единство, соответствие теме – 2 балла;          -соблюдены правила орфографической, пунктуационной, стилистической культуры – 1 балл;          -соблюдены требования к объёму реферата – 1 балл.</p> <p>3 балла – «3»          5 балла – «4»          8 баллов – «5»</p>																																															
<p><b>УМЕТЬ:</b> Оценить эффективность использования тех или иных ферментных препаратов в производстве при получении важнейших продуктов биотехнологии</p>	<p><b>I. Ситуационная задача:</b></p> <p>Для изучения механизма активации амилазы слюны анионами была исследована активность фермента в присутствии 0,04 М NaCl и NaBr и без них при различных значениях pH. Данные об активности амилазы приведены в таблице.</p> <table border="1" data-bbox="560 1301 1106 1554"> <thead> <tr> <th rowspan="2">pH</th> <th colspan="3">Активность амилазы, усл.ед.</th> </tr> <tr> <th>Без анионов</th> <th>0,04 М NaCl</th> <th>0,04 М NaBr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5,0</td><td>25</td><td>30</td><td>29</td></tr> <tr><td>5,3</td><td>32</td><td>40</td><td>38</td></tr> <tr><td>5,5</td><td>40</td><td>50</td><td>42</td></tr> <tr><td>6,0</td><td>42</td><td>75</td><td>60</td></tr> <tr><td>6,5</td><td>38</td><td>100</td><td>80</td></tr> <tr><td>7,0</td><td>22</td><td>110</td><td>81</td></tr> <tr><td>7,5</td><td>0,8</td><td>85</td><td>65</td></tr> <tr><td>8,0</td><td>-</td><td>60</td><td>49</td></tr> <tr><td>8,5</td><td>-</td><td>34</td><td>29</td></tr> <tr><td>9,0</td><td>-</td><td>16</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>Постройте зависимость активности фермента от pH в присутствии активаторов и без них. Как активаторы влияют на pH оптимум действия амилазы? Чем можно объяснить различную степень влияния анионов Cl<sup>-</sup> и Br<sup>-</sup> на активность амилазы? Какие функциональные группы важны для функционирования амилазы (положительно или отрицательно заряженные)?</p> <p><b>II. Подготовка и защита</b></p>	pH	Активность амилазы, усл.ед.			Без анионов	0,04 М NaCl	0,04 М NaBr	5,0	25	30	29	5,3	32	40	38	5,5	40	50	42	6,0	42	75	60	6,5	38	100	80	7,0	22	110	81	7,5	0,8	85	65	8,0	-	60	49	8,5	-	34	29	9,0	-	16	8	<p>Имеется полное верное решение, включающее правильный ответ – 3 балла          Дано верное решение, но получен неправильный ответ из-за арифметической ИЛИ решение недостаточно обосновано ИЛИ в решении имеются лишние или неверные записи, не отделенные от решения – 2 балла          Имеется верное решение части задачи, из-за логической ошибки – 1 балл          Решение не дано ИЛИ дано неверное решение – 0 баллов          1 балл – «3»          2 балла – «4»          3 балла – «5»</p> <p>-Лаконичность</p>
pH	Активность амилазы, усл.ед.																																																
	Без анионов	0,04 М NaCl	0,04 М NaBr																																														
5,0	25	30	29																																														
5,3	32	40	38																																														
5,5	40	50	42																																														
6,0	42	75	60																																														
6,5	38	100	80																																														
7,0	22	110	81																																														
7,5	0,8	85	65																																														
8,0	-	60	49																																														
8,5	-	34	29																																														
9,0	-	16	8																																														

	<p><b>электронных презентаций</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перспективы пищевой энзимологии.</li> <li>2. Применение ферментных препаратов в кондитерской промышленности.</li> <li>3. Применение ферментных препаратов в хлебопекарной и мукомольной промышленности.</li> <li>4. Биохимические основы использования ферментных препаратов в различных отраслях промышленности.</li> </ol>	<p>названия презентации и отдельных слайдов- 1балл          -Соответствие заголовка содержанию- 2 балла          -Приоритет визуальных средств (фото, графики, схемы, диаграммы - )4 балла          -Номинативные предложения - 2балла          -Кегль не менее 24 - 2 балла          -Фон, не мешающий восприятию текста -1 балл          -Использование не более 3-х дизайнерских средств-3 балла  <b>7 баллов – «3»</b>  <b>10 баллов – «4»</b>  <b>13 баллов – «5»</b></p>
<p><b>ЗНАТЬ:</b> теоретические основы ведущих отраслей биотехнологии, использующие ферменты, уровень и перспективы их развития;</p>	<p><b>I.Тесты</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Катализатор             <ol style="list-style-type: none"> <li>а. Повышает энергию активации</li> <li>б. Снижает энергию активации</li> <li>в. Повышает тепловой эффект</li> <li>г. Снижает тепловой эффект</li> </ol> </li> <li>2. Высокая эффективность действия фермента обусловлена             <ol style="list-style-type: none"> <li>а. Адсорбцией субстрата</li> <li>б. Образованием фермент-субстратных комплексов</li> <li>в. Повышением свободной энергии в системе</li> <li>г. Снижением <math>\Delta S</math></li> </ol> </li> <li>3. Скорость ферментативной реакции не зависит от             <ol style="list-style-type: none"> <li>а. Концентрации субстрата</li> <li>б. pH</li> <li>в. Температуры</li> <li>г. Молекулярной массы кофермента</li> </ol> </li> <li>4. Образование какого из участников реакции является обратимым?             <ol style="list-style-type: none"> <li>а. E</li> <li>б. S</li> <li>в. ES</li> </ol> </li> </ol>	<p>Правильно выбран вариант ответа – 1 балл          Тест из 4-х заданий,          3 балла – «3»          4 балла – «4»          5 баллов – «5»</p>

	<p>2. <i>P</i></p> <p>5. Ферменты могут повышать скорость реакций максимально в ... раз</p> <p>а. 2 б. 5 в. 10 г. <math>10^{20}</math></p> <p>6. Переходное состояние фермент-субстратного комплекса соответствует</p> <p>а. Более высокой энергии активации б. Более низкой энергии активации в. Более высокой <math>\Delta H</math> г. Более высокому энергетическому барьеру</p> <p>7. Уравнение Михаэлиса-Ментен</p> <p>а. Выражает зависимость действия фермента от концентрации субстрата б. Учитывает все стадии реакции в. Описывает вторую стадию реакции – образование <i>E</i> и <i>P</i> г. Не учитывает стадию образования комплекса <i>ES</i></p>	
--	---	--

**V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

а) основная литература:

1. Шамраев, А.В. Биохимия: учебное пособие / А.В. Шамраев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург: ОГУ, 2014. - 186 с.: ил., схем. - Библиогр.: с 167.; То же [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=270262>

2. Основы биохимии: учебное пособие / Т.Л. Ауэрман, Т.Г. Генералова, Г.М. Суслинок. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 400 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-005295-3  
<http://znanium.com/go.php?id=460475>

б) дополнительная литература:

1. Нельсон, Д. Основы биохимии Ленинджера в 3 т. Т. 2 : Биоэнергетика и метаболизм [Электронный ресурс] / Д. Нельсон, М. Кокс. — Электрон. дан. —

Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 693 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90237>

2. Тихонов Г.П. Основы биохимии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.П. Тихонов, Т.А. Юдина. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2014. — 179 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46495.html>

**VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**  
elibrary.ru; [www.scopus.com](http://www.scopus.com); [www.scirus.com](http://www.scirus.com); [www.springer.com](http://www.springer.com); [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru);  
[www.ioffe.ru](http://www.ioffe.ru); [www.freepatentsonline.com](http://www.freepatentsonline.com); scholar.google.com; [www.iop.org](http://www.iop.org);  
[www.maik.rssi.ru](http://www.maik.rssi.ru); [www.blackwell-synergy.com](http://www.blackwell-synergy.com); [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com).

#### **программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

- a) Мультимедийный комплекс (обучающая и контролирующая программы) по основным разделам курса «Химические основы жизни». Авторы: Лапина Г.П. и Колесов А.Ю.
- b) Мультимедийный комплекс по «Основы Биохимии» (теория, словарь, контрольные задания) – I издание;
- c) Мультимедийный комплекс по «Основы Биохимии» (теория, словарь, контрольные задания) – II издание;
- d) Мультимедийный курс лекций « Кислород – и серусодержащие гетероциклы (т. 1, 2).
- e) Мультимедийный комплекс «Основы биоэнергетики»
- f) [www.tigr.jrg](http://www.tigr.jrg)
- g) [www.sanger.ac.uk](http://www.sanger.ac.uk)
- h) [www.biotechnolog.ru](http://www.biotechnolog.ru)

#### **VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

##### **1.Эссе**

1. Основные направления использования карбогидраз, протеолитических ферментов, липолитических ферментов, пектолитических ферментов в биотехнологических процессах.
2. Аспекты применения ферментов, связанные с их безвредностью для здоровья.
3. Перспективы пищевой энзимологии.

##### **Методические указания**

Должна быть:

- раскрыта проблемы на теоретическом уровне
- представлена аргументированная собственная точка зрения
- сформирована и предоставлена собственная точка зрения
- обеспечено внутреннее смысловое единство, соответствие теме
- соблюдены правила орфографической, пунктуационной, стилистической культуры
- соблюдены требования к объёму реферата (15 стр.)

##### **2. Подготовка и защита электронных презентаций**

1. Перспективы пищевой энзимологии.
2. Применение ферментных препаратов в кондитерской промышленности.
3. Применение ферментных препаратов в хлебопекарной и мукомольной промышленности.

4. Биохимические основы использования ферментных препаратов в различных отраслях промышленности.
5. Производство промышленных ферментов: источники получения, методы получения, типовые схемы производства.
6. Биохимические основы использования ферментных препаратов в различных отраслях промышленности.
7. Применение ферментных препаратов в хлебопекарной и мукомольной промышленности
8. Применение ферментных препаратов в мясной промышленности.
- i) Применение ферментных препаратов в кондитерской промышленности.
- j) Применение ферментных препаратов в производстве соков, вин, безалкогольных напитков.
- k) Применение ферментных препаратов в спиртовой и пивоваренной промышленности.
- l) Применение ферментных препаратов в молочной промышленности.

#### **Методические указания по подготовке презентаций**

- Лаконичность названия презентации и отдельных слайдов
- Соответствие заголовка содержанию
- Приоритет визуальных средств (фото, графики, схемы, диаграммы)
- Фон, не мешающий восприятию текста
- Использование не более 3-х дизайнерских средств

### **3. Примеры тестовых заданий**

1. Константа Михаэлиса численно равна
  - a. Скорости реакции
  - б. Отношению констант прямой и обратной реакции
  - в. Молекулярной активности фермента
  - г. Концентрации субстрата при  $v = V_{max} / 2$
  
2. Константа диссоциации комплекса  $ES$ 
  - a. Является мерой сродства фермента к субстрату
  - б. Определяет скорость реакции
  - в. Характеризует стадию необратимого распада комплекса  $ES$
  - г. Зависит от продукта реакции
  
3. Уравнение Холдейна-Бриггса
  - a. Учитывает влияние образующихся продуктов на скорость реакции
  - б. Противоречит положениям Михаэлиса-Ментен
  - в. Не принимает во внимание образование свободных  $E$  и  $P$
  - г. Не учитывает  $K_m$
  
4. Уравнение Лайнуивера-Берка применяется для определения Активности фермента
  - a) Скорости реакции
  - b) Образования  $ES$ -комплекса
  - c) Численных значений  $K_m$  и  $V_{max}$
  
5. В бимолекулярных реакциях
  - a. Участвуют фермент и активатор
  - б. Переносятся химические группировки с одного соединения на другое
  - в. Не синтезируются новые вещества
  - г. Превращается один субстрат
  
6. К бимолекулярным реакциям не относятся реакции
  - a. Синтеза
  - б. Окисления
  - в. Восстановления
  - г. Изомеризации

7. Бимолекулярные реакции могут протекать по механизму
- Единичного замещения
  - Элиминации
  - Тройного замещения
  - Инверсии

8. Для двойного замещения не характерно
- Механизм типа «пинг-понг»
  - Двухсубстратная реакция
  - С активным центром одновременно связываются два субстрата
  - В каждый момент времени с ферментом связан один субстрат

9. Величины  $K_m$  для разных субстратов в бимолекулярной реакции могут быть
- Кажущимися
  - Неопределяемыми
  - Всегда одинаковыми
  - Бесконечно малыми

10. Реакции единичного замещения – это не
- Бимолекулярные реакции
  - Образование комплекса фермента с двумя субстратами  $EAB$
  - Распад комплекса  $EAB$  с образованием продуктов реакции  $C$  и  $D$
  - Мономолекулярные реакции

11. Реакция, катализируемая алкогольдегидрогеназой,  $CH_3CH_2OH + NAD^+ \leftrightarrow CH_3C(=O)H + NAD \cdot H + H^+$  является
- Мономолекулярной
  - Бимолекулярной
  - Надмолекулярной
  - Не зависящей от концентрации витамина  $B_5$

12. Концентрация фермента
- Не влияет на скорость реакции
  - Оказывает существенное влияние на скорость реакции
  - Не связана с начальной скоростью реакции
  - Определяет величину  $K_m$

13. Начальная скорость реакции
- Является мерой количества фермента
  - Не зависит от количества фермента
  - Зависит только от концентрации субстрата
  - Определяется величиной  $K_s$

#### Тема 4. Влияние pH и температуры на активность ферментов.

1. pH влияет на
- Степень ионизации функциональных групп в активном центре
  - Тепловой эффект реакции
  - Энергию активации
  - Энергетический барьер

2. pH не действует на
- Протон-донорные группы
  - Протон-акцепторные группы
  - Ионизацию каталитического участка

г. Первичную структуру активного центра

3. Изменение рН среды не влияет на

- а. Ионизацию субстрата
- б. Ионизацию комплекса *ES*
- в. Скорость денатурации фермента
- г. Тепловой эффект реакции

4. Оптимальные значения рН

- а. Всегда одинаковы для прямых и обратных реакций
- б. Могут различаться для прямых и обратных реакций
- в. Всегда одинаковы при действии одного фермента на разные субстраты
- г. Всегда одинаковы при действии разных ферментов на один субстрат

5. рН-стабильность – это

- а. Значение рН, при котором фермент сохраняет активность в течение определенного времени
- б. Величина рН, при которой скорость реакции максимальна
- в. рН, при котором комплекс *ES* стабилен
- г. Устойчивость субстрата к изменениям рН среды

6. рН-стабильность фермента не зависит от

- а. Формы препарата
- б. Степени очистки фермента
- в. Составы среды
- г.  $K_m$

7. рН – это

- а. Отрицательный логарифм концентрации водородных ионов
- б. Количество протонов
- в. Концентрация гидроксильных ионов
- г. Степень ионизации

8. Оптимум рН большинства ферментов находится в диапазоне рН

- а. 1-5
- б. 6-8
- в. 9-11
- г. 12-14

9. Оптимум рН пепсина соответствует значениям

- а. 1,5-2,5
- б. 3-7
- в. 8-10
- г. 11-14

10. Оптимум рН амилазы равен

- а. 1-4
- б. 4,1-7,1
- в. 7,2-7,4
- г. 7,5-12

11. Кислая и щелочная фосфатазы не различаются

- а. Оптимумом рН
- б. Локализацией
- в. Типом катализируемой реакции
- г. Степенью ионизации функциональных групп активного центра

12. Максимальная активность большинства ферментов проявляется в диапазоне температур (°C)

- а. 0-20
- б. 25-35
- в. 35-45
- г. 50-100

13. Температура не влияет на

- а. Скорость расщепления комплекса *ES*
- б. Сродство фермента к субстрату
- в. Процессы ионизации компонентов реакции
- г. Первичную структуру апофермента

14. Уравнение Аррениуса, характеризующее влияние температуры на скорость реакции применимо

- а. К левой, восходящей части температурной кривой ферментативной реакции
- б. Ко всей кривой зависимости активности фермента от температуры
- в. Только к неферментативным реакциям
- г. К правой, нисходящей части кривой зависимости скорости ферментативной реакции от температуры

15. Температурный коэффициент  $Q_{10}$  характеризует

- а. Ускорение реакции при повышении температуры
- б. Энергию активации
- в. Энергетический барьер
- г. Тепловой эффект

16. Для неферментативных химических реакций величина  $Q_{10}$  равна

- а. 0-1
- б. 4-5
- в. 6-10

17. Величина  $Q_{10}$  ферментативной реакции

- а. 0-1
- б. 1-2
- в. 2-3
- г. 4-5

18. Нисходящая (правая) ветвь температурной зависимости объясняется

- а. Денатурацией ферментного белка
- б. Образованием продукта
- в. Распадом комплекса *ES*
- г. Превращением субстрата в продукт

19. Оптимум температуры не зависит от

- а. Термостабильности фермента
- б. pH среды
- в. Солевого состава среды
- г. Метода определения активности

20. Термостабильность ферментного препарата

- а. Снижается при очистке фермента
- б. Не может изменяться под действием субстрата
- в. Не зависит от фракционирования
- г. Не зависит от источника фермента.

**Тема 3. Механизм действия ферментов.**

1. Катализатор
  - Повышает энергию активации
  - Снижает энергию активации
  - Повышает тепловой эффект
  - Снижает тепловой эффект
  
2. Высокая эффективность действия фермента обусловлена
  - Адсорбцией субстрата
  - Образованием фермент-субстратных комплексов
  - Повышением свободной энергии в системе
  - Снижением  $\Delta S$
  
3. Скорость ферментативной реакции не зависит от
  - Концентрации субстрата
  - pH
  - Температуры
  - Молекулярной массы кофермента
  
4. Образование какого из участников реакции является обратимым?
  - $E$
  - $S$
  - $ES$
  - $P$
  
5. Ферменты могут повышать скорость реакций максимально в ... раз
  - 2
  - 5
  - 10
  - $10^{20}$
  
6. Переходное состояние фермент-субстратного комплекса соответствует
  - Более высокой энергии активации
  - Более низкой энергии активации
  - Более высокой  $\Delta H$
  - Более высокому энергетическому барьеру
  
7. Уравнение Михаэлиса-Ментен
  - Выражает зависимость действия фермента от концентрации субстрата
  - Учитывает все стадии реакции
  - Описывает вторую стадию реакции – образование  $E$  и  $P$
  - Не учитывает стадию образования комплекса  $ES$
  
8. Константа Михаэлиса численно равна
  - Скорости реакции
  - Отношению констант прямой и обратной реакции
  - Молекулярной активности фермента
  - Концентрации субстрата при  $v = V_{max} / 2$
  
9. Константа диссоциации комплекса  $ES$ 
  - Является мерой сродства фермента к субстрату
  - Определяет скорость реакции

Характеризует стадию необратимого распада комплекса  $ES$   
Зависит от продукта реакции

10. Уравнение Холдейна-Бриггса  
Учитывает влияние образующихся продуктов на скорость реакции  
Противоречит положениям Михаэлиса-Ментен  
Не принимает во внимание образование свободных  $E$  и  $P$   
Не учитывает  $K_m$
11. Уравнение Лайнуивера-Берка применяется для определения Активности фермента  
Скорости реакции  
Образования  $ES$ -комплекса  
Численных значений  $K_m$  и  $V_{max}$
12. В бимолекулярных реакциях  
Участвуют фермент и активатор  
Переносятся химические группировки с одного соединения на другое  
Не синтезируются новые вещества  
Превращается один субстрат
13. К бимолекулярным реакциям не относятся реакции  
Синтеза  
Окисления  
Восстановления  
Изомеризации
14. Бимолекулярные реакции могут протекать по механизму  
Единичного замещения  
Элиминации  
Тройного замещения  
Инверсии
15. Для двойного замещения не характерно  
Механизм типа «пинг-понг»  
Двухсубстратная реакция  
С активным центром одновременно связываются два субстрата  
В каждый момент времени с ферментом связан один субстрат
16. Величины  $K_m$  для разных субстратов в бимолекулярной реакции могут быть  
Кажущимися  
Неопределяемыми  
Всегда одинаковыми  
Бесконечно малыми
17. Реакции единичного замещения – это не  
Бимолекулярные реакции  
Образование комплекса фермента с двумя субстратами  $EAB$   
Распад комплекса  $EAB$  с образованием продуктов реакции  $S$  и  $D$   
Мономолекулярные реакции
18. Реакция, катализируемая алкогольдегидрогеназой,  
 $CH_3CH_2OH + NAD^+ \leftrightarrow CH_3COH + NAD\cdot H + H^+$  является

Мономолекулярной  
Бимолекулярной  
Надмолекулярной  
Не зависящей от концентрации витамина В<sub>5</sub>

19. Концентрация фермента  
Не влияет на скорость реакции  
Оказывает существенное влияние на скорость реакции  
Не связана с начальной скоростью реакции  
Определяет величину  $K_m$
20. Начальная скорость реакции  
Является мерой количества фермента  
Не зависит от количества фермента  
Зависит только от концентрации субстрата  
Определяется величиной  $K_s$

#### **Тема 4. Влияние рН и температуры на активность ферментов.**

1. рН влияет на  
Степень ионизации функциональных групп в активном центре  
Тепловой эффект реакции  
Энергию активации  
Энергетический барьер
2. рН не действует на  
Протон-донорные группы  
Протон-акцепторные группы  
Ионизацию каталитического участка  
Первичную структуру активного центра
3. Изменение рН среды не влияет на  
Ионизацию субстрата  
Ионизацию комплекса  $ES$   
Скорость денатурации фермента  
Тепловой эффект реакции
4. Оптимальные значения рН  
Всегда одинаковы для прямых и обратных реакций  
Могут различаться для прямых и обратных реакций  
Всегда одинаковы при действии одного фермента на разные субстраты  
Всегда одинаковы при действии разных ферментов на один субстрат
5. рН-стабильность – это  
Значение рН, при котором фермент сохраняет активность в течение определенного времени  
Величина рН, при которой скорость реакции максимальна  
рН, при котором комплекс  $ES$  стабилен  
Устойчивость субстрата к изменениям рН среды
6. рН-стабильность фермента не зависит от

Формы препарата  
Степени очистки фермента  
Состава среды  
 $K_m$

7. рН – это  
Отрицательный логарифм концентрации водородных ионов  
Количество протонов  
Концентрация гидроксильных ионов  
Степень ионизации
8. Оптимум рН большинства ферментов находится в диапазоне рН  
1-5  
6-8  
9-11  
12-14
9. Оптимум рН пепсина соответствует значениям  
1,5-2,5  
3-7  
8-10  
11-14
10. Оптимум рН амилазы равен  
1-4  
4,1-7,1  
7,2-7,4  
7,5-12
11. Кислая и щелочная фосфатазы не различаются  
Оптимумом рН  
Локализацией  
Типом катализируемой реакции  
Степенью ионизации функциональных групп активного центра
12. Максимальная активность большинства ферментов проявляется в диапазоне температур (°C)  
0-20  
25-35  
35-45  
50-100
13. Температура не влияет на  
Скорость расщепления комплекса  $ES$   
Сродство фермента к субстрату  
Процессы ионизации компонентов реакции  
Первичную структуру апофермента
14. Уравнение Аррениуса, характеризующее влияние температуры на скорость реакции применимо  
К левой, восходящей части температурной кривой ферментативной реакции  
Ко всей кривой зависимости активности фермента от температуры

Только к неферментативным реакциям

К правой, нисходящей части кривой зависимости скорости ферментативной реакции от температуры

15. Температурный коэффициент  $Q_{10}$  характеризует
  - Ускорение реакции при повышении температуры
  - Энергию активации
  - Энергетический барьер
  - Тепловой эффект
  
16. Для неферментативных химических реакций величина  $Q_{10}$  равна
  - 0-1
  - 4-5
  - 6-10
  
17. Величина  $Q_{10}$  ферментативной реакции
  - 0-1
  - 1-2
  - 2-3
  - 4-5
  
18. Нисходящая (правая) ветвь температурной зависимости объясняется
  - Денатурацией ферментного белка
  - Образованием продукта
  - Распадом комплекса  $ES$
  - Превращением субстрата в продукт
  
19. Оптимум температуры не зависит от
  - Термостабильности фермента
  - pH среды
  - Солевого состава среды
  - Метода определения активности

20. Термостабильность ферментного препарата
  - Снижается при очистке фермента
  - Не может изменяться под действием субстрата
  - Не зависит от фракционирования
  - Не зависит от источника фермента.

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Каждое **тестовое задание** по соответствующему разделу состоит из вопроса и трех-четырёх ответов. Для решения тестового задания необходимо найти единственно правильный ответ из предложенных. Как правило, ответы на поставленные вопросы необходимо искать в рекомендуемых литературных источниках. Найденные правильные ответы необходимо отметить в соответствующих таблицах.

### 1. Ситуационные задачи

#### Задача 1. Локализация ферментов.

Был получен гомогенат в 0,25 М сахарозе из 50 г печени крысы. С использованием метода дифференциального центрифугирования были получены субклеточные фракции, в которых определили содержание белка и активность глюкозо-6-фосфатазы. Глюкозо-6-

фосфатазную активность определяли по накоплению фосфата неорганического при инкубировании реакционной среды, содержащей глюкозо-6-фосфат и исследуемую фракцию (ферментный препарат). Полученные данные приведены в таблице:

Таблица

**Фракционирование гомогената печени крыс**

Параметры	Фракция				
	гомогенат	ядра	митохондрии	микросомы	цитозоль
Общий объем, мл	50	10	10	5	75
Содержание белка, мг/мл	24	35	49	31	2,2
Объем, взятый для определения активности фосфатазы, мл	0,5	0,5	0,5	0,05	1,0
Изменение содержания неорганического фосфата за 5 мин, мкг	23	7,5	19	18	2

Определите удельную активность глюкозо-6-фосфатазы (в мкг фосфата неорганического, образовавшегося за 1 мин, приходящиеся на 1 мг белка) в гомогенате и субклеточных фракциях, количество глюкозо-6-фосфатазы и белка общее и в каждой фракции. Какие выводы о локализации фермента в клетке можно сделать на основании полученных результатов? В какой степени происходит инактивация глюкозо-6-фосфатазы при фракционировании?

**Задача 2. Зависимость активности амилазы слюны от pH.**

Для изучения механизма активации амилазы слюны анионами была исследована активность фермента в присутствии 0,04 М NaCl и NaBr и без них при различных значениях pH. Данные об активности амилазы приведены в таблице.

Таблица

**Влияние анионов на активность амилазы слюны**

pH	Активность амилазы, усл.ед.		
	Без анионов	0,04 М NaCl	0,04 М NaBr
5,0	25	30	29
5,3	32	40	38
5,5	40	50	42
6,0	42	75	60
6,5	38	100	80
7,0	22	110	81
7,5	0,8	85	65
8,0	-	60	49
8,5	-	34	29

9,0	-	16	8
-----	---	----	---

Постройте зависимость активности фермента от pH в присутствии активаторов и без них. Как активаторы влияют на pH оптимум действия амилазы? Чем можно объяснить различную степень влияния анионов  $Cl^-$  и  $Br^-$  на активность амилазы? Какие функциональные группы важны для функционирования амилазы (положительно или отрицательно заряженные)?

### Задача 3. Активация фосфатазы.

Было изучено влияние различных концентраций сульфата магния на активность фосфатазы. Активность фермента оценивали по количеству фосфата неорганического, образующегося при инкубации в течение 10 мин при 37°C реакционной среды объемом 2 мл, содержащей фермент, различные концентрации  $MgSO_4$  и субстрата. Результаты определения приведены в таблице.

*Таблица*

#### Влияние $MgSO_4$ на активность фосфатазы

$MgSO_4$ , мМ	субстрат, 2,5 мМ	субстрат, 5,0 мМ	субстрат, 10 мМ	субстрат, 25 мМ
	Фосфат неорганический, мкмоль			
0,5	0,25	0,62	1,06	1,38
1,0	0,56	0,98	1,24	1,65
2,0	0,72	1,27	1,49	2,12
5,0	0,91	1,38	1,73	2,53

Как зависит скорость реакции от концентрации сульфата магния в реакционной среде? Какие предположения на основании полученных результатов и их обработке можно сделать о характере взаимодействия  $MgSO_4$  и фосфатазы?

### Задача 4. Выделение и очистка аминоксидазы.

Было проведено выделение аминоксидаз, способных окислять различные моно- и диамины (например, гистамин и кадаверин). Очистка и выделение ферментов включала следующие стадии:

1. Получение водно-солевого экстракта
2. Осаждение из водно-солевого экстракта
3. Переосаждение сульфатом аммония
4. Хроматография на ДЭАЭ-целлюлозе
5. Хроматография на фосфоцеллюлозе
6. Концентрирование препарата и гель-фильтрация
7. Повторная гель-фильтрация

На всех стадиях выделения и очистки проводили измерение содержания белка и активности аминоксидаз с двумя субстратами – кадаверином и гистамином. Данные об этих показателях приведены в таблице.

*Таблица*

#### Активность аминоксидаз на различных стадиях очистки

№ п/п	Фракция	Объем, мл	Содержание белка, мг/мл	Активность фермента, Е/мл	
				с кадаверином	с гистамином
1.	Водно-солевой экстракт	9620	12,0	4,90	4,84
2.	Раствор осадка после осаждения (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3000	17,8	12,0	6,80
3.	Раствор после переосаждения	223	47,6	970	155,0
4.	Элюат после хроматографии на ДЭАЭ-целлюлозе	344	11,1	358	78,2
5.	Элюат после хроматографии на фосфоцеллюлозе	400	1,06	105	22,0
6.	Элюат после концентрации и гель-фильтрации	130	1,16	361	76,0
7.	Элюат после гель-фильтрации	345	0,24	52,0	12,0

Найдите удельную активность и количество аминоксидаз на каждой стадии очистки, а также соотношение активностей моноаминоксидазы и диаминоксидазы. На основании полученных данных сделайте вывод о субстратной специфичности очищенного препарата и исходного гомогената.

#### Методические рекомендации

Ситуационные задачи, решение которых заключается в определении способа деятельности в той или иной ситуации. Структура ситуационной задачи содержит всю ту избыточную информацию, которая необходима для того, чтобы подготовить человека для успешной жизни в информационном обществе. Обучение учащихся решению проблем предполагает освоение универсальных способов деятельности, применимых в самых разных ситуациях. Ситуационная задача представляет собой описание конкретной ситуации, более или менее типичной для определенного вида деятельности. Содержание ситуационной задачи, как правило, определяется потребностями и интересами конкретной группы учащихся, ориентировано на имеющийся культурный опыт и предоставляет возможность творчески осваивать новый опыт. Это содержание включает описание условий деятельности и желаемого результата. Решение задачи заключается в определении способа деятельности.

#### VII. Требования к рейтинг-контролю для студентов очной формы обучения

№ модуля	Вид контроля	Форма отчетности и контроля	Номер учебной недели	Максимальное количество баллов	Всего баллов
1	Текущий	Рефераты, электронные презентации, работа на семинаре	4,5	20	50

		Тесты	<b>9</b>	30	
2	Текущий	Рефераты, электронные презентации, работа на семинаре	<b>12,13</b>	20	50
		Тесты	<b>18</b>	30	
	Итоговый, промежуточная аттестация	Зачет	<b>19</b>		100

**VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (или модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости).**

Использование в учебном процессе интерактивных учебников, учебных фильмов, мастер-классов, традиционных лекций, творческих заданий, лекций-визуализаций с элементами фронтальной беседы, проблемных лекций, презентаций мини-проектов малыми группами, регламентированных дискуссий.

Основными видами учебных занятий являются: лекции, семинары, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

*Лекции* составляют основу теоретического обучения и должны давать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрывать состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники, концентрировать внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулировать их активную познавательную деятельность и способствовать формированию творческого мышления.

Ведущим методом в лекции выступает устное изложение учебного материала, сопровождающееся демонстрацией видео- и кинофильмов, схем, плакатов, показом моделей, приборов и макетов, использованием электронно- вычислительной техники.

*Лабораторные работы* имеют целью практическое освоение студентами научно-теоретических положений и изучаемой дисциплины, овладение ими техникой, экспериментальных исследований и анализа полученных результатов, привитие навыков работы с лабораторным оборудованием, контрольно-измерительными приборами и вычислительной техникой. По выполнении лабораторной работы студенты представляют отчет и защищают его. Защищенные отчеты хранятся на кафедре до завершения обучения студентов по данной учебной дисциплине.

*Самостоятельная работа студентов* является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, в том числе с использованием автоматизированных обучающих курсов и систем, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам. Обязательным компонентом самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа может проводиться под руководством преподавателей в часы, определенные расписанием занятий, и в объеме не более 5 процентов от бюджета учебного времени, отводимого на изучение дисциплины. Она предусматривает, как правило, разработку рефератов, выполнение расчетно-графических, вычислительных работ, моделирования и других творческих заданий в соответствии с учебной программой (тематическим планом изучения дисциплины). Основная цель данного вида занятий состоит в обучении студентов методам самостоятельной работы с учебным материалом.

*Консультации* являются одной из форм руководства самостоятельной работой студентов, оказания им помощи в освоении учебного материала. Консультации

проводятся регулярно в часы самостоятельной работы и носят в основном индивидуальный характер. При необходимости, в том числе перед проведением семинаров, практических занятий, экзаменов (зачетов), могут проводиться групповые консультации

Программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 10 Enterprise
2. MS Office 365 pro plus
3. Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows

**IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (или модулю)**

- компьютер,
- мультимедийный проектор,
- учебная аудитория с мультимедийной установкой,
- компьютерный класс,
- иллюстративный материал по содержанию занятий (схемы, рисунки, графики, и др.).

**X. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины (или модуля)**

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (или модуля)	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.	Разделы «Объём дисциплины», «Форма промежуточной аттестации»	Исключение информации по 2013 году набора заочной формы обучения в связи с окончанием обучения	Протокол №11 от 25.06.2018