

Заключение диссертационного совета МГУ.015.6
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета № 79 от «17» мая 2024 г. о присуждении **Боровковой Алене Николаевне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата биологических наук.

Диссертация «Молекулярно-генетическое разнообразие культурных и природных дрожжей рода *Saccharomyces*» по специальностям 1.5.18. Микология и 1.5.7. Генетика принята к защите диссертационным советом МГУ.015.6, протокол № 75 от «05» апреля 2024 г.

Соискатель **Боровкова Алена Николаевна**, 1993 года рождения, в 2017 году окончила кафедру селекции и генетики сельскохозяйственных культур факультета агрономии, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО ВГАУ имени императора Петра I по направлению «Селекция и семеноводство полевых культур».

С 2017 по 2021 гг. обучалась в очной аспирантуре на кафедре микологии и альгологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по специальности 03.02.12 – «Микология». Диплом об окончании аспирантуры № АА 003018 выдан в 2021 г. ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В.Ломоносова». Во время обучения сданы экзамены кандидатского минимума, в том числе кандидатский экзамен по специальности 1.5.18. Микология.

Документ, подтверждающий сдачу кандидатского экзамена по специальности 1.5.7. Генетика», выдан НИЦ «Курчатовский институт» – ГосНИИГенетика в 2021 г.

На момент защиты диссертации соискатель работает в Центре геномных исследований «Курчатовский геномный центр» Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий в должности научного сотрудника лаборатории молекулярной генетики дрожжей. Диссертация выполнена на кафедре микологии и альгологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» и в лаборатории молекулярной генетики дрожжей Центра геномных исследований «Курчатовский геномный центр» Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий.

Научные руководители – доктор биологических наук, профессор, начальник лаборатории молекулярной генетики дрожжей Центра геномных исследований «Курчатовский геномный центр» Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий **Наумова Елена Сергеевна**; доктор биологических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры микологии и альгологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» **Шнырева Алла Викторовна**.

Официальные оппоненты:

Калёбина Татьяна Сергеевна – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры молекулярной биологии биологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Мироненко Нина Васильевна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета растений к болезням ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений».

Максимова Ирина Аркадьевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник кафедры биологии почв факультета почвоведения ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет всего 13 печатных работ, в том числе по теме диссертации 6 работ, опубликованных в рецензируемых изданиях, из них **6** статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальностям 1.5.18. Микология и 1.5.7. Генетика. В работах, опубликованных в соавторстве, основополагающий вклад принадлежит соискателю.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Наумов Г.И., **Боровкова А.Н.**, Шнырёва А.В., Наумова Е.С. Филогенетическое происхождение α -глюкозидаз MAL и IMA международной генетической линии *Saccharomyces cerevisiae* S288C // Микробиология. 2019. Т.88. №1. С.45–52. (ИФ (РИНЦ) 1.052) Naumov G.I., **Borovkova A.N.**, Shnyreva A.V., Naumova E.S. Phylogenetic origin of the MAL and IMA alpha-glucosidases of the international genetic line of *Saccharomyces cerevisiae* S288C // Microbiology. 2019.V. 88. № 1. P. 39–45. (WoS JIF 1.5) Вклад автора в печатных листах: (0,5 п.л. / 0,18 п.л.)
2. **Боровкова А.Н.**, Михайлова Ю.В., Наумова Е.С. Молекулярно-генетические особенности биологических видов дрожжей *Saccharomyces* // Микробиология. 2020. Т. 89. №4. С. 390–399. (ИФ (РИНЦ) 1.052) **Borovkova A.N.**, Michailova Yu.V., Naumova E.S. Molecular genetic characteristics of the *Saccharomyces* biological species // Microbiology. 2020. V. 89. № 4. P. 387–395. (WoS JIF 1.5) (0,62 п.л. / 0,46 п.л.)
3. Наумова Е.С., **Боровкова А.Н.**, Шаламитский М.Ю., Наумов Г.И. Природный полиморфизм пектиназных генов *PGU* дрожжей рода *Saccharomyces* // Микробиология. 2021. Т. 90. №3. С. 344–356. (ИФ (РИНЦ) 1.052) Naumova E.S., **Borovkova A.N.**, Shalamitskiy M.Yu., Naumov G.I. Natural polymorphism of pectinase *PGU* genes in the *Saccharomyces* yeasts // Microbiology. 2021. V. 90. № 3. P. 349–360. (WoS JIF 1.5) (0,81 п.л. / 0,56 п.л.)
4. **Боровкова А.Н.**, Шаламитский М.Ю., Наумова Е.С. Отбор штаммов *Saccharomyces bayanus* с высокой пектинолитической активностью и филогенетический анализ генов *PGU* // Биотехнология. 2022. Т. 38. № 1. С. 13–24. (ИФ (РИНЦ) 0.390) **Borovkova A.N.**, Shalamitskiy M.Yu., Naumova E.S. Selection of *Saccharomyces bayanus* strains with high pectinolytic activity and phylogenetic analysis of *PGU* genes // Applied Biochemistry and Microbiology. 2022. V. 58. № 9. P. 966–975. (WoS JIF 0.8) (0,75 п.л. / 0,62 п.л.)
5. **Боровкова А.Н.**, Наумов Г.И., Шнырева А.В., Наумова Е.С. Генетически изолированная популяция дрожжей *Saccharomyces bayanus* в Новой Зеландии и Австралии // Генетика.

2023. Т. 59. № 4. С. 403–416. (ИФ (РИНЦ) 0.798) **Borovkova A.N.**, Naumov G.I., Shnyreva A.V., Naumova E.S. A genetically isolated population of *Saccharomyces bayanus* in New Zealand and Australia // Russian Journal of Genetics. 2023. V. 59. № 4. P. 344–355. (WoS JIF 0.6) (0,87 п.л. / 0,53 п.л.)

6. **Боровкова А.Н.**, Шаламитский М.Ю., Наумова Е.С. Пектинолитические дрожжи *Saccharomyces paradoxus* – новый генофонд для виноделия // Микробиология. 2023. Т. 92. № 2. С. 219–232. (ИФ (РИНЦ) 1.052) **Borovkova A.N.**, Shalamitskiy M.Yu., Naumova E.S. Pectinolytic yeast *Saccharomyces paradoxus* as a new gene pool for winemaking // Microbiology. 2023. V. 92. № 2. P. 256–268. (WoS JIF 1.5) (0,87 п.л. / 0,63 п.л.).

На автореферат поступило 7 **дополнительных отзывов**, отзывы положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался близостью их научных интересов к теме диссертации, наличием значительного числа публикаций в соответствующей сфере исследования, высоким уровнем профессионализма и отсутствием формальных препятствий к оппонированию.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований:

- впервые в России обнаружен редкий вид *Saccharomyces jurei* и изучен его молекулярный кариотип;

- с помощью методов молекулярной и классической генетики охарактеризован комплексный вид *Saccharomyces bayanus*, в пределах которого дифференцировано пять популяций: *S. bayanus* var. *bayanus*, *S. bayanus* var. *uvorum*, *S. eubayanus*, новозеландская и западнокитайская. Показано, что указанные популяции относятся к одному биологическому виду *S. bayanus* с дивергенцией геномов на уровне таксономических разновидностей;

- установлено общее происхождение близкородственных α -глюкозидаз (IMA и MAL) у дрожжей родов *Saccharomyces*, *Lachancea* и *Kluyveromyces*, которые возникли в геноме общего протоплоидного предка этих родов до момента их эволюционного расхождения и полной дубликации генома *Saccharomyces*. Дивергентная изомальтаза IMA5 появилась в геноме видов рода *Saccharomyces* уже после их расхождения с протоплоидными дрожжами *Lachancea* и *Kluyveromyces*;

- впервые проведен масштабный скрининг пектинолитической активности у 541 штамма восьми видов рода *Saccharomyces* и обнаружен значительный внутри- и межвидовой полиморфизм этого признака;

- показано, что наибольшая пектинолитическая активность характерна для видов *S. bayanus* и *S. paradoxus*;

- впервые установлено, что виды *S. arboricola*, *S. cariocanus*, *S. cerevisiae*, *S. kudriavzevii* и *S. paradoxus* обладают только одним геном *PGU*, расположенным на хромосоме X. У остальных видов обнаружены полимерные гены *PGU* разной хромосомной локализации: у *S. mikatae* и *S. jurei* – на хромосомах X и VIII, у *S. bayanus* – на хромосомах X, I и XIV.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

проведенные соискателем исследования и их результаты вносят вклад в фундаментальные исследования молекулярно-генетического разнообразия дрожжей-сахаромицетов, а также имеют существенное значение для систематики дрожжей рода *Saccharomyces* и изучения мультигенных семейств генов гидролиза пектиновых соединений и генов ферментации различных сахаров.

Показано сложное строение холодоустойчивого вида *S. bayanus*, представленного пятью частично генетически изолированными популяциями - *S. bayanus* var. *bayanus*, *S. bayanus* var. *ivarum*, *S. eubayanus*, западнокитайской и новозеландской, - которые характеризуются дивергенцией геномов в пределах вида. Установлено филогенетическое происхождение α -глюкозидаз IMA и MAL дрожжей-сахаромицетов и проведено хромосомное картирование пектиназных генов *PGU* у всех восьми видов рода *Saccharomyces*.

Значение полученных соискателем результатов для практики

Полученные соискателем результаты имеют большое прикладное значение. Разработан экспресс-метод молекулярной дифференциации редкого вида дрожжей *Saccharomyces jurei*. Впервые показана перспективность применения природных дрожжей *S. paradoxus* в качестве нового генофонда для селекции винных дрожжей. Обнаружены штаммы *S. cerevisiae*, *S. bayanus* и *S. paradoxus*, секретирующие активную эндополигалактуроназу и представляющие интерес для виноделия России. В ходе выполнения работы создана коллекция охарактеризованных молекулярными методами штаммов дрожжей видов *S. cerevisiae*, *S. bayanus* и *S. paradoxus*, которая может быть использована в дальнейших фундаментальных исследованиях, а также в селекционных и биотехнологических разработках.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. **Положения, выносимые на защиту**, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку.

1. Редкий вид *S. jurei* филогенетически наиболее близок виду *S. mikatae*. В кариотипе *S. jurei* имеется две реципрокные транслокации – одна уникальная (хромосомы I/XIII), а вторая общая с видом *S. mikatae*: VI/VII. Только хромосома III имеет примерно одинаковые размеры у всех видов рода *Saccharomyces*.
2. Комплексный вид *S. bayanus* включает пять генетических популяций (*S. bayanus* var. *bayanus*, *S. bayanus* var. *ivarum*, *S. eubayanus*, новозеландская и западнокитайская), которые относятся к одному биологическому виду *S. bayanus*, обладая дивергенцией геномов на уровне таксономических разновидностей.
3. Гены изомальтаз IMA и мальтаз MAL имелись в геноме общего протоплоидного предка дрожжей родов *Saccharomyces*, *Lachancea* и *Kluveromyces*, т.е. возникли еще до

эволюционного расхождения этих родов и прежде, чем произошла полная дупликация генома *Saccharomyces*. Дивергентная изомальтаза IMA5 появилась в геноме дрожжей рода *Saccharomyces* уже после их расхождения с дрожжами *Lachancea* и *Kluyveromyces*.

4. Способность секретировать активную эндо-полигалактуроназу является видовой особенностью дрожжей *S. bayanus* и *S. paradoxus*. Виды *S. arboricola*, *S. cariocanus*, *S. cerevisiae*, *S. kudriavzevii* и *S. paradoxus* обладают только одним геном *PGU*, расположенным в хромосоме X. У остальных трех видов имеются полимерные копии генов *PGU* разной хромосомной локализации: у видов *S. mikatae* и *S. jurei* на хромосомах X и VIII, у вида *S. bayanus* на хромосомах X, I и XIV. Обнаружен внутривидовой полиморфизм генов *PGU* у дрожжей *S. kudriavzevii*, который определяется географическим происхождением штаммов.

На заседании «17» мая 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить **Боровковой Алене Николаевне** ученую степень кандидата биологических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **23** человек, из них **6** докторов наук по специальности 1.5.18. Микология и **3** доктора наук по специальности 1.5.7. Генетика, участвовавших в заседании, из **32** человек (дополнительно введены на разовую защиту **3** человека), входящих в состав совета, проголосовали: «ЗА» – **22**, «ПРОТИВ» – **0**, недействительных бюллетеней – **1**.

Председатель
диссертационного совета

Ильинский В.В.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Гершкович Д.М.

«17» мая 2024 г.