

Научная статья

**ВЫДЕЛЕНИЕ И ОПИСАНИЕ ШТАММОВ *VACILLUS CEREUUS* КАК ФАКТОРОВ РИСКА ПИЩЕВЫХ ОТРАВЛЕНИЙ ПИЦЦЕЙ С ГОВЯДИНОЙ (ХАНОЙ, ВЬЕТНАМ)****Пхам Нгок Ха<sup>1</sup>, Нинх Тхи Нанх<sup>1</sup>, Ву Кханх Ван<sup>1</sup>, Тран Ле Минх<sup>2</sup>, Нгуен Тханх Трунг<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Национальный институт контроля пищевой продукции, Вьетнам, г. Ханой, ул. Пхам Тхан Дуат, 65<sup>2</sup>Медицинский университет Ханоя, Вьетнам, г. Ханой, ул. Тон Тхат Тунг, 1

Бактерия *Vacillus cereus* является одной из основных причин пищевых отравлений во всем мире. В рамках данного исследования выделено 10 штаммов *V. cereus* из образцов пиццы с говядиной как установленной причины пищевого отравления детей в двух детских садах А и В в 2024 г. во Вьетнаме.

Идентификация вида бактерий была выполнена при помощи биохимических тестов и использования технологии MALDI-TOF; профиль устойчивости к антибиотикам был построен согласно рекомендациям M45 CLSI, а также изучено наличие генов токсинов *scfK*, *bceT*, *hbl* (*hblA*, *hblC*, и *hblD*) и *nhe* (*nheA*, *nheB*, and *nheC*) в выделенных штаммах. Установлено, что выделенные штаммы *V. cereus* обладали высоким уровнем устойчивости к нескольким антибиотикам, включая пенициллин (100 %), ванкомицин (100 %), стрептомицин (90 %), тетрациклин (80 %), ампициллин (70 %) и эритромицин (70 %). Помимо этого, 100 % штаммов *V. cereus* (10/10), выделенных из образца пиццы с говядиной, показали положительный результат в тесте на определение гена токсина *bceT*; 80 % штаммов (8/10) были позитивны на ген токсина *scfK*, а 60 % штаммов (6/10) показали наличие генов токсинов *nheA* и *nheC* при отсутствии гена рвотного токсина NRPS. Исследование вносит вклад в базу данных об устойчивости к антибиотикам штаммов *V. cereus*, связанных с пищевыми отравлениями во Вьетнаме, а его результаты являются базой для разработки справочных материалов, актуальных для быстрой диагностики пищевого отравления, связанного с бактериями типа *V. cereus*.

**Ключевые слова:** *Vacillus cereus*, пищевое отравление, устойчивость к антибиотикам, M45 CLSI, *bceT*, *scfK*, *hbl*, *nhe*.

По разным оценкам, бактерия *V. cereus* считается причиной почти 12 % инцидентов пищевых отравлений во всем мире. Согласно данным Центра по контролю и предотвращению заболеваний (CDC) в США, бактерии вида *Bacillus* spp вызвали 619 вспышек пищевых отравлений с общим количеством случаев заболеваний 7385, из них 75 случаев тяжелого заболевания и трех смертей, за период с 1998 по 2015 г. [1]. В Китае за период с 2010 по 2020 г. было зарегистрировано 419 вспышек пищевых отравлений, вызванных *V. cereus*, с общим количеством пострадавших 7892 человека, из которых 2786 человек были госпитализированы, а пять случаев закончились смертельным исходом [2]. Во Вьетнаме также были зарегистрированы многочис-

ленные вспышки отравлений с участием *V. cereus*. Например, в 2020 г. 230 человек отравились едой, загрязненной бактериями *Escherichia coli* (*E. coli*), *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) и *V. cereus*, в одном из вегетарианских ресторанов в Да Нанге. В том же году десятки детей дошкольного возраста были госпитализированы в Кан Тхо после употребления в пищу супа пхо и йогурта, обсемененных *V. cereus*. В 2022 г. более 600 студентов в Нха Транг были госпитализированы после употребления в пищу жареных куриных крылышек, загрязненных *Salmonella*, *V. cereus* и *E. coli*, и один исход был фатальным.

Бактерия *V. cereus* – это грамположительная палочковидная бактерия семейства *Vacillaceae* и

© Пхам Нгок Ха, Нинх Тхи Нанх, Ву Кханх Ван, Тран Ле Минх, Нгуен Тханх Трунг, 2025

**Нгуен Тханх Трунг** – кандидат наук, руководитель лаборатории микробиологии продуктов питания (e-mail: trungnt@nifc.gov.vn; тел.: + 84349363269; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8732-9911>).

**Пхам Нгок Ха** – магистр, научный сотрудник лаборатории микробиологии продуктов питания (e-mail: harn0411@gmail.com; тел.: + 84963991575; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1248-3404>).

**Нинх Тхи Нанх** – научный сотрудник лаборатории микробиологии продуктов питания (e-mail: ninhhanh891997@gmail.com; тел.: + 84338273077; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9693-3507>).

**Ву Кханх Ван** – научный сотрудник лаборатории микробиологии продуктов питания (e-mail: kxanhvan2180@gmail.com; тел.: + 84345096509).

**Тран Де Минх** – студент (e-mail: minhtranle.work@gmail.com; тел.: + 84985364352).

одна из самых распространенных причин пищевых отравлений. Бактерия *B. cereus* повсеместно обнаруживается в почве, воде и пищевых продуктах, в особенности рисе, готовых продуктах и молочных продуктах<sup>1</sup>. Следует заметить, что бактерия *B. cereus* устойчива к нагреванию, а ее споры обладают высокой лекарственной устойчивостью, что позволяет данному штамму выживать в разных условиях окружающей среды. Бактерия *B. cereus* способна вырабатывать токсины и вызывает два вида последствий пищевых отравлений, сопровождающихся преимущественно рвотой (токсины обычно возникают уже при потреблении загрязненных пищевых продуктов) и / или диареей (токсины продуцируются бактерией после того, как загрязненный продукт попадает в ЖКТ) [3].

Широкое применение антибиотиков привело к возникновению лекарственной устойчивости у многих штаммов бактерий, включая *B. cereus*, которая часто продуцирует ферменты β-лактамазы, обеспечивающие сильную устойчивость к β-лактамам антибиотикам [4]. Согласно рекомендациям Института клинических и лабораторных стандартов (CLSI), штаммы *B. cereus* в основном восприимчивы к аминогликозидам, клиндамицину, хлорамфениколу, эритромицину и ванкомицину. Однако в нескольких исследованиях отмечается, что бактерия *B. cereus* обладает устойчивостью к тетрациклину, стрептомицину, ципрофлоксацину, клоксациллину, эритромицину и рифампицину [5].

Отравления, сопровождающиеся преимущественно диареей, связаны с негемолитическим энтеротоксином (*nhe*), гемолизином BL (*hbl*), цитотоксином K (*cytK*) и энтеротоксином T (*bceT*)<sup>2</sup> [6–8]. Однако данные об энтеротоксическом потенциале *bceT*, приведенные в нескольких исследованиях, остаются противоречивыми [9, 10]. Отравления, сопровождающиеся преимущественно рвотой, связаны с геном рвотного токсина NRPS (нерибосомная пептидная синтетаза) бактерии *B. cereus* и продукцией таких токсичных пептидов, как Cereulide и isocereulides A-G. Этот ген функционирует независимо от конвенционального синтеза белков и позволяет бактерии эффективно синтезировать опасные вещества, повышающие вирулентность *B. cereus* при вспышках пищевых отравлений [11].

В Ханое, где при приготовлении пищи применяются в основном традиционные способы, необходим постоянный мониторинг и описание штаммов *B. cereus*, связанных со вспышками пищевых отравлений, для определения их происхождения, понима-

ния их эпидемиологических характеристик и разработки эффективных профилактических мер.

**Цель исследования** – построение профиля лекарственной устойчивости и определение генов вирулентности штаммов бактерии *B. cereus*, обусловивших в 2024 г. в Ханое вспышки пищевой этиологии в двух детских садах при употреблении пищи с говядиной.

**Материалы и методы.** В качестве причины отравления дошкольников в двух детских садах (условно А и В) были определены 10 штаммов бактерии *B. cereus*, выделенных из образцов пищи с говядиной. Оба дошкольных учреждения расположены в г. Ханое и находятся под единым управлением. Случаи отравления зарегистрированы в 2024 г. В учреждении А пострадали 135 детей дошкольного возраста, у которых были диагностированы желудочно-кишечные расстройства. В учреждении В было зарегистрировано 77 детей дошкольного возраста с тем же диагнозом. Все соответствующие образцы пищевых продуктов были отобраны на месте, заморожены в холодильных устройствах и направлены в Национальный институт контроля пищевой продукции для анализа.

**Выделение и идентификация штаммов *B. cereus* в образцах пищи с говядиной.** Определение *B. cereus* было выполнено в соответствии с международным стандартом ISO 7932: 2004<sup>3</sup> (TCVN 4992: 2005), а именно 10 г каждого образца пищевого продукта были гомогенизированы в 90 мл пептонной воды (Merck). Для каждого образца была подготовлена серия растворов 10<sup>-5</sup>, и 100 мкл каждого раствора были инокулированы на маннитол-агаре с добавлением яичного желтка и полимиксина (МYP; Merck). Инкубация во всех чашках продолжалась в течение одной ночи при температуре 37 °С. Колонии с типичными морфологическими признаками (плоские, диаметр – 2–3 мм, зубчатые края, розоватый цвет, окружены чистым пространством) были отобраны для гемолиза на кровяном агаре и биохимических тестов с применением углеводного набора API 50 (bioMérieux, Франция). Типичные колонии *B. cereus*, показавшие положительный результат в биохимических тестах, хранились при температуре -80 °С. Для идентификации эти колонии в виде тонких полосок были помещены на соевый агар Tryptone (TSA; Merck), инкубированы в течение 24 ч при 37 °С, а затем идентифицированы с применением метода матрично-активированной лазерной десорбции / ионизации – время пролетной детекции MALDI-TOF на приборе VITEK® MS

<sup>1</sup> Comparative analysis of *Bacillus anthracis*, *Bacillus cereus*, and related species on the basis of reverse transcriptase sequencing of 16S rRNA / C. Ash, J.A. Farrow, M. Dorsch, E. Stackebrandt, M.D. Collins // Int. J. Syst. Bacteriol. – 1991. – Vol. 41, № 3. – P. 343–346. DOI: 10.1099/0020713-41-3-343

<sup>2</sup> The *bceT* gene of *Bacillus cereus* encodes an enterotoxigenic protein / N. Agata, M. Ohta, Y. Arakawa, M. Mori // Microbiology (Reading). – 1995. – Vol. 141, Pt 4. – P. 983–988. DOI: 10.1099/13500872-141-4-983

<sup>3</sup> ISO 7932: 2004 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of presumptive *Bacillus cereus* – Colony-count technique at 30 degrees C [Электронный ресурс] // ISO. – 2004. – 3<sup>rd</sup> ed. – URL: <https://www.iso.org/standard/38219.html> (дата обращения: 15.11.2024).

(BioMérieux SA, Marcy l’Etoile, Франция). В качестве контрольного штамма применялся *E. coli* ATCC 8739.

**Оценка профиля лекарственной устойчивости штаммов *B. cereus*, обнаруженных в образцах пищи с говядиной.** Лекарственная устойчивость штаммов *B. cereus* была оценена при помощи метода диско-диффузии в тесте Кирби – Бауэра<sup>4</sup>. Бактерии *B. cereus* выращивались в 10 мл стерильного бульона с сердечно-мозговой вытяжкой до тех пор, пока плотность клеток не достигала 0,5 стандарта Мак-Фарланда, что составляет примерно  $1,5 \cdot 10^8$  КОЕ/мл. Для распределения бактериальной суспензии на агаре Muller – Hinton применялся стерильный мазок. Согласно рекомендациям M45 CLSI было протестировано 11 типов антибиотиков, включая ампициллин (АМП, 10 мкг/диск), хлорамфеникол (Х, 30 мкг/диск), ципрофлоксацин (ЦИП, 5 мкг/диск), эритромицин (ЭРИ, 15 мкг/диск), имипенем (ИПИМ, 10 мкг/диск), меропенем (МРП, 10 мкг/диск), офлоксацин (ОФК, 5 мкг/диск), пенициллин (ПРЛ, 10 МЕ/диск), стрептомицин (С, 10 мкг/диск), тетрациклин (ТЕ, 30 мкг/диск) и ванкомицин (ВАН, 30 мкг/диск). Диски были размещены на поверхности агара при помощи стерильных хирургических щипцов для последующей инкубации при температуре 37 °С в течение 18 ч. Результаты тестов на лекарственную устойчивость были получены при помощи измерения диаметра зоны подавления, представленной четко видимой областью вокруг диска с антибиотиком.

**Определение генов токсинов *B. cereus* в образцах пищи с говядиной. Метод экстракции ДНК.** 10 штаммов *B. cereus*, выделенных из образцов пищи с говядиной, хранились при температуре -80 °С. Они были размещены тонкими полосками на

кровяном агаре для обнаружения чистых штаммов, культивированных в бульоне с сердечно-мозговой вытяжкой (Brain Heart Infusion broth), и инкубированы в течение 18–24 часов при температуре 37 °С. Полная ДНК *B. cereus* была выделена в соответствии с протоколом для грамположительных бактерий для набора очистки геномной ДНК GeneJET (ThermoFisher; C5042). Общая концентрация ДНК штаммов *B. cereus* была определена с применением наноспектрофотометра со спектральной поглощательной способностью 260 нм. До применения раствор ДНК хранился при температуре -20 °С.

**ПЦР и мультиплексная ПЦР.** Пары праймеров, использованных в рамках данного исследования для обнаружения генов рвотных и диарейных токсинов штаммов *B. cereus*, обнаруженных в образцах пищи с говядиной, приведены в табл. 1. Простая ПЦР применялась для пар *bceT*-F/R, *EM1F*/R и *cytKF*/R, в то время как для оставшихся пар праймеров была использована мультиплексная ПЦР.

Смесь для ПЦР (25 мкл) состояла из 12,5 мкл мастер-смеси 2X PCR (Thermo Scientific), 1 мкл прямого праймера (10 пкмоль), 1 мкл обратного праймера (10 пкмоль), 3 мкл шаблона ДНК и 7,5 мкл деионизированной воды. Условия температурного цикла для пары праймеров *EM1F* / *EM1R* были определены следующим образом: 95 °С в течение 15 мин; (95 °С в течение 30 с; 60 °С на 30 с; 72 °С на 60 с) на 30 циклов, затем 72°С в течение 5 мин и удержание при 4 °С. Условия температурного цикла для пары праймеров *bceT*-F / *bceT*-R были определены следующим образом: 94 °С в течение 5 мин; (94 °С в течение 45 с; 55 °С на 45 с; 72 °С на 2 мин) на 30 циклов, затем

Таблица 1

Пары праймеров, использованные для обнаружения генов токсинов *B. cereus*

Наименование	Последовательность (5'-3')	Ген	Размер (по)	Ссылка
<i>bceT</i> -F	CGT ATC GGT CGT TCA CTC GG	Enterotoxin <i>bceT</i>	662	[12]
<i>bceT</i> -R	GTT GAT TTT CCG TAG CCT GGG			
<i>EM1F</i>	GAC AAG AGA AAT TTC TAC GAG CAA GTA CAA T	NRPS	635	[13]
<i>EM1R</i>	GCA GCC TTC CAA TTA CTC CTT CTG CCA CAG T			
<i>nheAF</i>	TAC GCT AAG GAG GGG C	<i>nheA</i>	499	[14]
<i>nheAR</i>	GTT TTT ATT GCT TCA TCG GCT			
<i>nheBF</i>	CTA TCA GCA CTT ATG GCA G	<i>nheB</i>	769	
<i>nheBR</i>	ACT CCT AGC GGT GTT CC			
<i>nhCF</i>	CGG TAG TGA TTG CTG GG	<i>nheC</i>	581	
<i>nhCR</i>	CAG CAT TCG TAC TTG CCA A			
<i>hblAF</i>	GTG CAG ATG TTG ATG CCG AT	<i>hblA</i>	1154	
<i>hblAR</i>	ATG CCA CTG CCT GGA CAT A			
<i>HblCF</i>	GAT ACT AAT GTG GCA ACT GC	<i>hblC</i>	740	
<i>HblCR</i>	TTG AGA CTG CTC GTT AGT TG			
<i>HblDF</i>	AAT CAA GAG CTG TCA CGA AT	<i>hblD</i>	829	
<i>HblDR</i>	CAC CAA TTG ACC ATG CTA AT			
<i>CytKF</i>	CGA CGT CAC AAG TTG TAA CA	Cytotoxin-K	565	
<i>cytKR</i>	CGT GTG TAA ATA CCC CAG TT			

<sup>4</sup> Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method / A.W. Bauer, W.M. Kirby, J.C. Sherris, M. Turck // Am. J. Clin. Pathol. – 1966. – Vol. 45, № 4. – P. 493–496.

Таблица 2

Уровни загрязнения бактериями *B. cereus* (КОЕ/г) образцов пищевой продукции, отобранных в учреждениях А и В

Блюдо	Учреждение А	Учреждение В
Жареная свиная вырезка	Н/О	$5,0 \cdot 10^1$
Смесь вареных овощей	Н/О	$6,0 \cdot 10^1$
Лапша с яйцом и морепродуктами	Н/О	$8,0 \cdot 10^1$
Пицца с говядиной	$6,0 \cdot 10^5$	$6,8 \cdot 10^5$

Примечание: Н/О – не обнаружено.

72 °С в течение 10 мин и удержание при 4 °С. Условия температурного цикла для пары праймеров сyтKF / сyтKR были определены следующим образом: 94 °С в течение 1 мин; 95 °С в течение 45 с; 54 °С на 1 мин; 72 °С на 2 мин) на 35 циклов, затем 72 °С в течение 5 мин и удержание при 4 °С.

Смесь для мультиплексной ПЦР (25 мкл) состояла из 12,5 мкл мастер-смеси 2X PCR (Thermo Scientific), 0,5 мкл каждого прямого праймера (20 пкмоль), 0,5 мкл каждого обратного праймера (20 пкмоль), 3 мкл шаблона ДНК и 3,5 мкл деонизированной воды. Условия температурного цикла для амплификации мультиплексной ПЦР генов *hblA*, *hblC*, *hblD*, *nheA*, *nheB*, и *nheC* были определены следующим образом: 94 °С / 2 мин; 95 °С / 15 с; 55 °С / 45 с; 72 °С / 2 мин) на 35 циклов, затем 72 °С / 5 мин и удержание при 4 °С. Продукты ПЦР были разделены при помощи 1,5%-ного агарозного геля, приготовленного с применением буферного раствора 1X TAE и красителя Redsafe; подвергнуты процедуре электрофореза при 110 V в течение 50 мин с последующей УЗ-визуализацией. Для будущих исследований продукты ПЦР хранились при температуре -80 °С.

**Результаты и их обсуждение. Выделение, идентификация и оценка загрязнения штаммами *B. cereus* образцов пиццы с говядиной, отобранных в дошкольных учреждениях А и В.** Бактерия *B. cereus* была обнаружена в разных блюдах, но самые высокие ее концентрации –  $6,0 \cdot 10^5$  КОЕ/г в дошкольном учреждении А и  $6,8 \cdot 10^5$  КОЕ/г в дошкольном учреждении В (табл. 2) – были найдены в образцах пиццы с говядиной.

Следует отметить, что оба учреждения получали данное блюдо от одного и того же поставщика. В настоящее время во Вьетнаме отсутствуют стан-

дарты безопасного уровня микроорганизмов в пище. Что касается лимитов, установленных в других странах для уровней микробного загрязнения, следует упомянуть закон № 329 Республики Эстония, изданный в 2000 г., а также критерии микробиологической безопасности, установленные Национальным консультационным комитетом по микробиологическим стандартам для продуктов питания Департамента сельского хозяйства США. Согласно данным документам, максимальный уровень *B. cereus* в пище<sup>5</sup> или готовой еде [15] составляет  $10^3$  КОЕ/г. Следовательно, предельно допустимый уровень был превышен в пицце с говядиной в дошкольных учреждениях А и В в 600 и 680 раз соответственно. Если же ориентироваться на допустимые уровни микробиологического загрязнения для готовой еды, установленные Кодексом пищевых стандартов Австралии и Новой Зеландии 2022<sup>6</sup>, или Микробиологические рекомендации 2014 г., выпущенные Центром безопасности пищевых продуктов Гонконга<sup>7</sup>, то приемлемый уровень для готовой еды, установленный в них, составляет  $10^5$  КОЕ/г. Следовательно, уровни загрязнения в учреждениях А и В превышают этот предел в 6 и 6,8 раза соответственно. Помимо этого, концентрация *B. cereus* на уровне  $5,0 \cdot 10^1$  КОЕ/г,  $6,0 \cdot 10^1$  КОЕ/г и  $8,0 \cdot 10^1$  КОЕ/г была обнаружена в жареной свиной вырезке, смеси вареных овощей и лапше с яйцом и морепродуктами соответственно в учреждении В (см. табл. 2), что говорит о потенциальной передаче бактерий из пиццы с говядиной в данные блюда. Для лучшего понимания эпидемиологических характеристик и разработки эффективных профилактических мер штаммы *B. cereus*, выделенные из образцов пиццы с говядиной в обоих дошкольных учреждениях, были проанализированы с целью определения уровня лекарственной устойчивости.

Результаты гемолитических тестов показали, что все выделенные штаммы продуцировали бета-гемолитические зоны, что является характерной чертой *B. cereus* (рис. 1). Результаты идентификации по методу MALDI-TOF, полученные для 10 колоний, выделенных из образцов пиццы с говядиной в дошкольных учреждениях А и В, показали, что для всех проанализированных колоний балльная оценка по шкале MALDI-TOF превысила 2,0, что позволяет идентифицировать все колонии как *B. cereus* (10/10; 100 %). Прочие биохимические характеристики штаммов оценивались при помощи набора API 50 CHE4, в результате все 100 % (10/10) штаммов *B. cereus* показали положительный результат

<sup>5</sup> Governmental Regulation No. 166 of 2000 regarding validation of microbiological requirements for food groups [Электронный ресурс] // FAOLEX Database. – 2000. – URL: <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC037807/> (дата обращения: 19.09.2024).

<sup>6</sup> Standard 1.6.1. Microbiological limits for food [Электронный ресурс] // Food Standards Australia New Zealand. – URL: <https://www.foodstandards.gov.au/business/microbiological-limits> (дата обращения: 19.09.2024).

<sup>7</sup> Food Legislation / Guidelines [Электронный ресурс] // Centre for Food Safety. – URL: [https://www.cfs.gov.hk/english/food\\_leg/food\\_leg.html](https://www.cfs.gov.hk/english/food_leg/food_leg.html) (дата обращения: 19.09.2024).

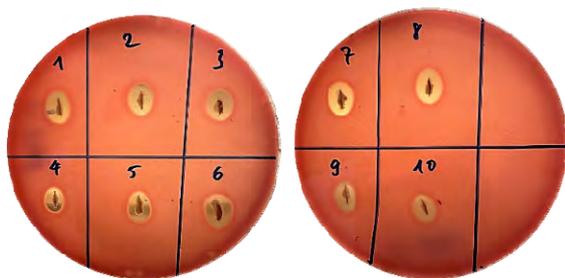


Рис. 1. Результаты гемолитического теста 10 штаммов *B. cereus*, выделенных из образцов пищи с говядиной: 1–10 – выделенные штаммы *B. cereus*

на D-рибосому, D-глюкозу, D-фруктозу, N-ацетил глюкозамин, арбутин, эскулин / железистый цитрат, салицин, D-мальтозу, D-трехалозу, крахмал (амидон) и гликоген. 80 % (8/10) штаммов показали положительный результат на D-целлобиозу; 70 % (7/10) штаммов – на D-сахарозу (сукрозу) и 50 % (5/10) – на гентиобиозу (табл. 3).

Эти результаты согласуются с данными, опубликованными в Руководстве Берджи по систематике бактерий. Ферментация глицерина, гликогена и крахмала, а также свойства редуцирования эскулина / железистого цитрата, подтвержденные в данном биохимическом тесте, как правило, применяются для дифференциации *B. cereus* от близкородственных бактерий *Bacillus* sp.<sup>8</sup>

**Профиль лекарственной устойчивости штаммов *B. cereus*, выделенных из образцов пищи с говядиной.** Все штаммы ( $n = 10$ ; 100 %) оказались чувствительны к меропенему, а также показали высокую чувствительность к цiproфлоксацину ( $n = 9$ ; 90 %). Результаты показали средний уровень устойчивости штаммов *B. cereus* к офлоксацину ( $n = 6$ ; 60 %) и хлорамфениколу ( $n = 7$ ; 70 %). Штаммы *B. cereus*, выделенные из образцов пищи с говядиной, показали абсолютную устойчивость к пенициллину ( $n = 10$ ; 100 %) и ванкомицину ( $n = 10$ ; 100 %); также высока была устойчивость к стрептомицину ( $n = 9$ ; 90 %), тетрациклину ( $n = 8$ ; 80 %), ампициллину ( $n = 7$ ; 70 %) и эритромицину ( $n = 7$ ; 70 %); устойчивость к имипенему была средней ( $n = 6$ ; 60 %) (рис. 2).

Согласно результатам тестирования, меропенем и цiproфлоксацин продемонстрировали перспективный уровень антимикробной активности в отношении штаммов *B. cereus*. В отличие от рекомендаций M45 CLSI, которые говорят о том, что *B. cereus* обычно устойчив к пенициллину, но зачастую чувствителен к ванкомицину и макролидам, в нашем исследовании было обнаружено, что штаммы *B. cereus*, выделенные из образцов пищи с говядиной, показали 100%-ную устойчивость к ванкомицину 70%-ную – к эритромицину. M.N.S. Abdelaziz et al. (2024) изучили лекарственную устойчивость

Таблица 3

Доля штаммов *B. cereus* ( $n = 10$ ) с положительным результатом тестов с применением набора API 50 CH

№	Тест	Конц., мг	%	№	Тест	Конц., мг	%
0	Отрицательный контроль		0	25	Эскулин / железистый цитрат	1,16 / 0,152	100
1	Глицерин	1,64	100	26	Салицин	1,04	100
2	Эритрол	1,44	0	27	D-целлобиоза	1,32	80
3	D-арабиноза	1,4	0	28	D-мальтоза	1,4	100
4	L-арабиноза	1,4	0	29	D-лактоза	1,4	0
5	D-рибоза	1,4	100	30	D-мелибиоза	1,32	0
6	D-ксилоза	1,4	0	31	D-сахароза	1,32	70
7	L-ксилоза	1,4	0	32	D-трехалоза	1,32	100
8	D-адонитол	1,36	0	33	Инулин	1,28	0
9	Метил-β-D-ксилопиранозид	1,28	0	34	D-меллецитоза	1,32	0
10	D-галактоза	1,4	0	35	D-раффиноза	1,56	0
11	D-глюкоза	1,56	100	36	Крахмал	1,28	100
12	D-фруктоза	1,4	100	37	Гликоген	1,28	100
13	D-манноза	1,4	0	38	Ксилитол	1,4	0
14	L-сорбоза	1,4	0	39	Гентиобиоза	0,5	50
15	L-рамноза	1,36	0	40	D-гураноза	1,32	0
16	Дульцитол	1,36	0	41	D-ликсоза	1,4	0
17	Инозитол	1,4	0	42	D-тагатоza	1,4	0
18	D-маннитол	1,36	0	43	D-фукоза	1,28	0
19	D-сорбитол	1,36	0	44	L-фукоза	1,28	0
20	Метил-α-D-маннопиранозид	1,28	0	45	D-Arabitol	1,4	0
21	Метил-α-D-глюкопиранозид	1,28	0	46	L-арабитол	1,4	0
22	N-ацетил глюкозамин	1,28	100	47	Глюконат калия	1,84	0
23	Амигдалин	1,08	0	48	Калий 2-кетоглюконат	2,12	0
24	Арбутин	1,08	100	49	Калий 5-кетоглюконат	1,8	0

<sup>8</sup> Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Volume One: The Archaea and the Deeply Branching and Phototrophic Bacteria / ed. by D.R. Boone, R.W. Castenholz, G.M. Garrity. – NY: Springer Publ., 2001. – 2nd ed. – 722 p.

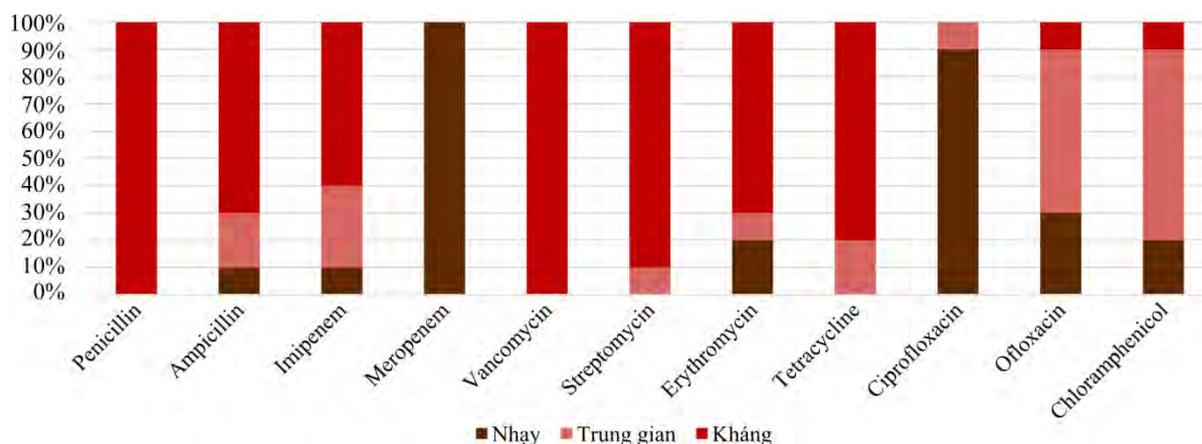


Рис. 2. Профиль лекарственной устойчивости *B. cereus*, определенный на основании диаметра зоны подавления (мм): красный – устойчивость, розовый – промежуточное состояние, коричневый – чувствительность

штаммов *B. cereus*, обнаруженных в пищевых продуктах в Японии, и обнаружили высокие уровни устойчивости к ванкомицину [16], что согласуется с данными нашего исследования. Т. Nakayama (2021) показал, что штаммы *B. cereus*, выделенные из куриного мяса в городе Хо Ши Мин, обладали устойчивостью к ампициллину, ципрофлоксацину и тетрациклину [17], в то время как штаммы *B. cereus*, изученные в данном исследовании, были чувствительны к ципрофлоксацину и обладали устойчивостью к ампициллину и тетрациклину. При сравнении профиля лекарственной устойчивости 10 штаммов *B. cereus*, выделенных из образцов пиццы с говядиной при инциденте с пищевым отравлением в детском саду, и глобально циркулирующих штаммов *B. cereus* было обнаружено, что наши результаты подобны данным исследования А.М. Algamal et al. (2022). Штаммы *B. cereus*, циркулирующие в Египте, обладали чувствительностью к меропенему и показали устойчивость к нескольким антимикробным препаратам, включая эритромицин, стрептомицин и тетрациклин [18], подобно штаммам *B. cereus*, описанным в рамках данного исследования. Необходимы дальнейшие исследования вирулентности и генов лекарственной устойчивости на уровне ДНК для тщательного изучения эпидемиологических характеристик и внедрения эффективных мер профилактики против штаммов *B. cereus*, обнаруженных в образцах пиццы с говядиной.

**Присутствие генов токсинов *B. cereus* в образце пиццы с говядиной.** 10 штаммов *B. cereus*, выделенных из образцов пиццы с говядиной, связанные с инцидентом с пищевыми отравлениями в дошкольных учреждениях А и В в Ханое, были проанализированы на наличие генов рвотных (*NRPS*) и диарейных (*hblA*, *hblC*, *hblD*, *nheA*, *nheB*, *nheC*, *bceT* и *cytK*) токсинов при помощи ПЦР (*NRPS*, *bceT* и *cytK*) и мультиплексной ПЦР (*hblA*, *hblC*, *hblD*, *nheA*, *nheB*, и *nheC*). Результаты электрофореза (рис. 3–5) показали, что 100 % штаммов *B. cereus* (10/10), выделенных из образцов пиццы с говядиной, дали положительный результат на наличие гена

*bceT*, 80 % (8/10) – гена *cytK*, и 60 % штаммов (6/10) – на наличие генов *nheA* и *nheC*. Кроме того, 100 % штаммов, изученных в данном исследовании (10/10), дали отрицательный результат на наличие гена *NRPS* (данное электрофорез-изображение не включено в исследование).

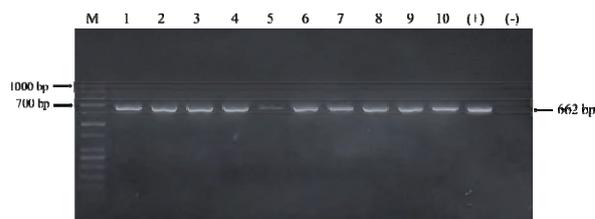


Рис. 3. Электрофорез продукта ПЦР гена токсина *bceT*: 1–10 – *bceT* – позитивен (662 по); М – лестница ДНК 50 по; (+) – положительный контроль; (-) – отрицательный контроль

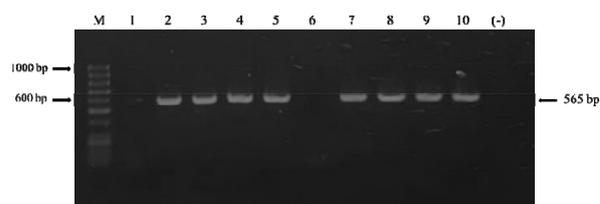


Рис. 4. Электрофорез продукта ПЦР гена токсина *cytK*: 1, 6 – отрицательно; 2–5 и 7–10 – *cytK* – позитивен (565 по); М – лестница ДНК 50 по; (-) – отрицательный контроль

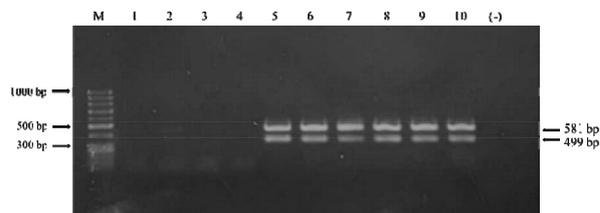


Рис. 5. Электрофорез-изображения продуктов мультиплексной ПЦР генов токсинов *hbl* (*hblA*, *hblC*, и *hblD*) и *nhe* (*nheA*, *nheB*, и *nheC*): 1–4 – отрицательно; 5–10 – *nheA* и *nheC* позитивен (581 по, 499 по); М – лестница ДНК 50 по; (-) – отрицательный контроль

Результаты нашего исследования согласуются с данными, описанными другими авторами в разных странах. В Ираке В.М.S. Saeed et al. (2021) описали очень низкий уровень обнаружения рвотного токсина во всех образцах пищевых продуктов, примерно на уровне 7,69 %, что говорит о низкой распространенности штаммов *B. cereus* с рвотным типом токсинов в пищевых продуктах [14]. N. Jessberger et al. (2021) [19] и М. Ваğсіođlu et al. (2019) [20] также обнаружили, что рвотный тип *B. cereus* обнаруживался в пищевых продуктах значительно реже, чем диарейный. Наше исследование вносит определенный вклад в базу данных по штаммам *B. cereus*, циркулирующим во Вьетнаме. Более того, данные о штаммах *B. cereus*, несущих ген диарейного токсина, идентифицированных в рамках данного исследования, являются ценным ресурсом для разработки справочных материалов, необходимых для быстрой диагностики пищевого отравления вызываемыми диареею бактериями типа *B. cereus*.

**Выводы.** В рамках данного исследования 10 штаммов *B. cereus* были выделены из образцов пиццы с говядиной и определены в качестве причины пищевого отравления дошкольников, посещающих учреждения А и В в Ханое. Выявленные уровни загрязнения *B. cereus* превышали допустимые уровни, установленные международными регулирующими документами; они составили  $6,0 \cdot 10^5$  КОЕ/г в учреждении А и  $6,8 \cdot 10^5$  КОЕ/г в учреждении В. В тестах с использованием 11 антибиотиков с целью определе-

ния уровней лекарственной устойчивости выделенных штаммов было обнаружено, что бактерии *B. cereus* обладали абсолютной устойчивостью (100 %) к пенициллину и ванкомицину, высоким уровнем устойчивости к стрептомицину (90 %), тетрациклину (80 %), ампициллину (70 %) и эритромицину (70 %); средним уровнем устойчивости к имипенему (60 %) и были чувствительны к меропенему (100 %) и ципрофлоксацину (90 %). Кроме того, 100 % штаммов *B. cereus* (10/10), обнаруженных в образцах пиццы с говядиной, дали положительный результат на ген токсина *bceT*, 80 % (8/10) – на ген токсина *cytK*, и 60 % штаммов (6/10) – на гены токсинов *nheA* и *nheC*, что указывает на принадлежность выделенных штаммов *B. cereus* к диарейному типу. Бактерия *B. cereus* остается основной патогенной угрозой по причине ее стремительной эволюции, носительства генов вирулентности и лекарственной устойчивости, что говорит о необходимости постоянного мониторинга генетического профиля и лекарственной устойчивости штаммов, циркулирующих во Вьетнаме, с целью предотвращения заболеваний и реагирования на возникающие вспышки отравлений.

**Финансирование.** Авторы выражают глубокую благодарность Национальному институту контроля пищевой продукции, Вьетнам, за предоставленное финансирование.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы

1. McDowell R.H., Sands E.M., Friedman H. Bacillus Cereus [Электронный ресурс] // StatPearls. – Treasure Island (FL): StatPearls Publ., 2024. – URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459121/> (дата обращения: 19.09.2024).
2. Epidemiological Evaluation of Bacillus cereus-Induced Foodborne Outbreaks – China, 2010–2020 / S. Duan, Y. Yu, Y. Guo, D. Lu, N. Li, Z. Liu, J. Liang, Y. Jiang [et al.] // China CDC Wkly. – 2023. – Vol. 5, № 33. – P. 737–741. DOI: 10.46234/ccdcw2023.140
3. Bontaine E.J. Bacillus cereus, a Volatile Human Pathogen // Clin. Microbiol. Rev. – 2010. – Vol. 23, № 2. – P. 382–398. DOI: 10.1128/CMR.00073-09
4. Incidence, toxin gene profile, antibiotic resistance and antibacterial activity of Allium parvum and Allium cepa extracts on Bacillus cereus isolated from fermented millet-based food / A. Etikala, S. Thamburaj, A.M. Johnson, C. Sarma, G. Mummaleti, S.K. Kalakandan // LWT. – 2022. – Vol. 160, № 11. – P. 113314. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.113314
5. Antimicrobial resistance among Pseudomonas spp. and the Bacillus cereus group isolated from Danish agricultural soil / L.B. Jensen, S. Baloda, M. Boye, F.M. Aarestrup // Environ. Int. – 2001. – Vol. 26, № 7–8. – P. 581–587. DOI: 10.1016/S0160-4120(01)00045-9
6. The Food Poisoning Toxins of Bacillus cereus / R. Dietrich, N. Jessberger, M. Ehling-Schulz, E. Märtlbauer, P.E. Granum // Toxins (Basel). – 2021. – Vol. 13, № 2. – P. 98. DOI: 10.3390/toxins13020098
7. The Pore-Forming Hemolysin BL Enterotoxin from Bacillus cereus: Subunit Interactions in Cell-Free Systems / F. Ramm, M. Stech, A. Zemella, H. Frenzel, S. Kubick // Toxins (Basel). – 2021. – Vol. 13, № 11. – P. 807. DOI: 10.3390/toxins13110807
8. Zhao Y., Sun L. Bacillus cereus cytotoxin K triggers gasdermin D-dependent pyroptosis // Cell Death Discov. – 2022. – Vol. 8, № 1. – P. 305. DOI: 10.1038/s41420-022-01091-5
9. Choma C., Granum P.E. The enterotoxin T (BcET) from Bacillus cereus can probably not contribute to food poisoning // FEMS Microbiol. Lett. – 2002. – Vol. 217, № 1. – P. 115–119. DOI: 10.1111/j.1574-6968.2002.tb11464.x
10. The Bacillus cereus bceT enterotoxin sequence reappraised / B.M. Hansen, P.E. Høiby, G.B. Jensen, N.B. Hendriksen // FEMS Microbiol. Lett. – 2003. – Vol. 223, № 1. – P. 21–24. DOI: 10.1016/S0378-1097(03)00249-0
11. Dipeptide Intermediates Interrogate Proposed Biosynthesis of Cereulide, the Emetic Toxin of Bacillus cereus / S. Marxen, T.D. Stark, A. Rüttschle, G. Lücking, E. Frenzel, S. Scherer, M. Ehling-Schulz, T. Hofmann // Sci. Rep. – 2015. – Vol. 5. – P. 10637. DOI: 10.1038/srep10637
12. Ehling-Schulz M., Fricker M., Scherer S. Identification of emetic toxin producing Bacillus cereus strains by a novel molecular assay // FEMS Microbiol. Lett. – 2004. – Vol. 232, № 2. – P. 189–195. DOI: 10.1016/S0378-1097(04)00066-7
13. Cơ sở dữ liệu nhiệm vụ KH-CN – Đánh giá khả năng phát hiện trực tiếp gen độc tố của Bacillus Cereus trong một số thực phẩm có nguồn gốc từ gạo bằng kỹ thuật Multiplex PCR [Электронный ресурс] // BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ HỆ THỐNG THÔNG TIN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ. – URL: [https://sti.vista.gov.vn/tw/Pages/tao-lieu-khcn.aspx?ItemID=199450&Type\\_CSDL=TAILIEUKHCN&Keyword=&searchInFields...](https://sti.vista.gov.vn/tw/Pages/tao-lieu-khcn.aspx?ItemID=199450&Type_CSDL=TAILIEUKHCN&Keyword=&searchInFields...) (дата обращения: 08.10.2024).

14. Saeed B.M.S., Abbas B.A., Al-Jadaan S.A.N. Detection of *Bacillus cereus* genes responsible for diarrheal and emetic toxins // J. Phys. Conf. Ser. – 2021. – Vol. 1879, № 2. – P. 022034. DOI: 10.1088/1742-6596/1879/2/022034
15. National Advisory Committee On Microbiological Criteria For Foods. Response to Questions Posed by the Department of Defense Regarding Microbiological Criteria as Indicators of Process Control or Insanitary Conditions // J. Food Prot. – 2018. – Vol. 81, № 1. – P. 115–141. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-17-294
16. Genetic Characterization, Antibiotic Resistance, and Virulence Genes Profiling of *Bacillus cereus* Strains from Various Foods in Japan / M.N.S. Abdelaziz, M.G. Zayda, A.T. Maung, M. El-Telbany, T.N. Mohammadi, S.Z.C. Lwin, K.Z. Linn, C. Wang [et al.] // Antibiotics (Basel). – 2024. – Vol. 13, № 8. – P. 774. DOI: 10.3390/antibiotics13080774
17. Untargeted Phylogenetic Group III of Multi-drug-Resistant *Bacillus cereus* Isolated Using Fraser Medium from Retail Chickens in Ho Chi Minh City / T. Nakayama, T. Yamaguchi, M. Jinnai, S. Yamamoto, H.T. Li, P.T. Ngo, D.N.M. Tran, O.T.H. Nguyen [et al.] // Curr. Microbiol. – 2021. – Vol. 78, № 8. – P. 3115–3123. DOI: 10.1007/s00284-021-02562-1
18. Newly Emerging MDR *B. cereus* in Mugil seheli as the First Report Commonly Harbor *nhe*, *hbl*, *cytK*, and *pc-plc* Virulence Genes and *bla1*, *bla2*, *tetA*, and *ermA* Resistance Genes / A.M. Algammal, K.J. Alfifi, M. Mabrok, M. Alatawy, D.A. Abdel-Moneam, S. Alghamdi, M.M. Azab, R.A. Ibrahim [et al.] // Infect. Drug Resist. – 2022. – Vol. 15. – P. 2167–2185. DOI: 10.2147/IDR.S365254
19. The *Bacillus cereus* Food Infection as Multifactorial Process / N. Jessberger, R. Dietrich, P.E. Granum, E. Märklbauer // Toxins. – 2020. – Vol. 12, № 11. – P. 701. DOI: 10.3390/toxins12110701
20. Detection and Identification of *Bacillus cereus*, *Bacillus cytotoxicus*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus mycoides* and *Bacillus weihenstephanensis* via Machine Learning Based FTIR Spectroscopy / M. Bağcıoğlu, M. Fricker, S. Johler, M. Ehling-Schulz // Front. Microbiol. – 2019. – Vol. 10. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00902

*Выделение и описание штаммов Bacillus cereus как факторов риска пищевых отравлений пищей с говядиной (Ханой, Вьетнам) / Пхам Нгок Ха, Нинх Тхи Ханх, Ву Кханх Ван, Тран Ле Минх, Нгуен Тханх Трунг // Анализ риска здоровья. – 2025. – № 2. – С. 98–106. DOI: 10.21668/health.risk/2025.2.08*

UDC 614.446  
DOI: 10.21668/health.risk/2025.2.08.eng



Research article

## ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF *BACILLUS CEREUS* STRAINS ISOLATED FROM A BEEF PIZZA FOOD POISONING INCIDENT IN HANOI

Pham Ngoc Ha<sup>1</sup>, Ninh Thi Hanh<sup>1</sup>, Vu Khanh Van<sup>1</sup>, Tran Le Minh<sup>2</sup>, Nguyen Thanh Trung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Institute for Food Control, 65 Pham Than Duat St., Hanoi, Vietnam

<sup>2</sup>Hanoi Medical University, 1 Ton That Tung St., Hanoi, Vietnam

*Bacillus cereus* is one of the global causes of food poisoning. In this study, we isolated 10 strains of *B. cereus* from beef pizza samples identified as the cause of food poisoning among students at two kindergartens A and B in Vietnam in 2024.

Species identification was carried out using biochemical tests and MALDI-TOF technology; antibiotic resistance profile was constructed according to the M45 CLSI guidelines, and examined the presence of *cytK*, *bceT*, *hbl* (*hblA*, *hblC*, and *hblD*) and *nhe* (*nheA*, *nheB*, and *nheC*) toxin genes among these isolated strains. The antibiotic resistance testing results showed that isolated *B. cereus* strains were significantly resistant to several strong antibiotics, including penicillin (100%), vancomycin (100%), streptomycin (90%), tetracycline (80%), ampicillin (70%), and erythromycin (70%). In addition, 100% of *B. cereus* strains (10/10) in the beef pizza sample were positive for the *bceT* toxin gene, 80% of strains (8/10) were positive for the *cytK* toxin gene, and 60% of strains (6/10) were positive for the *nheA* and *nheC* toxin genes, and negative for the NRPS emetic toxin gene. Our study contributes to the antibiotic resistance database for *B. cereus* associated with food poisoning in Vietnam and provides a valuable resource for developing reference materials aimed at the rapid diagnosis of food poisoning caused by diarrhea *B. cereus* type.

**Keywords:** *Bacillus cereus*, food poisoning, antibiotic resistance, M45 CLSI, *bceT*, *cytK*, *hbl*, *nhe*.

© Pham Ngoc Ha, Ninh Thi Hanh, Vu Khanh Van, Tran Le Minh, Nguyen Thanh Trung, 2025

**Nguyen Thanh Trung** – PhD, Head of Laboratory of Food Microbiology (e-mail: trungnt@nifc.gov.vn; tel.: + 84349363269; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8732-9911>).

**Pham Ngoc Ha** – MSc, Researcher at Laboratory of Food Microbiology (e-mail: hapn0411@gmail.com; tel.: + 84963991575; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1248-3404>).

**Hanh Ninh Thi** – Researcher at Laboratory of Food Microbiology (e-mail: ninhhanh891997@gmail.com; tel.: + 84338273077; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9693-3507>).

**Vu Khanh Van** – Researcher at Laboratory of Food Microbiology (e-mail: kxanhvan2180@gmail.com; tel.: + 84345096509).

**Tran Le Minh** – student (e-mail: minhtranle.work@gmail.com; tel.: + 84985364352).

## References

1. McDowell R.H., Sands E.M., Friedman H. *Bacillus Cereus*. *StatPearls*. Treasure Island (FL), StatPearls Publ., 2024. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459121/> (September 19, 2024).
2. Duan S., Yu Y., Guo Y., Lu D., Li N., Liu Z., Liang J., Jiang Y. [et al.]. Epidemiological Evaluation of *Bacillus cereus*-Induced Foodborne Outbreaks – China, 2010–2020. *China CDC Wkly*, 2023, vol. 5, no. 33, pp. 737–741. DOI: 10.46234/ccdw2023.140
3. Bottone E.J. *Bacillus cereus*, a Volatile Human Pathogen. *Clin. Microbiol. Rev.*, 2010, vol. 23, no. 2, pp. 382–398. DOI: 10.1128/CMR.00073-09
4. Etikala A., Thamburaj S., Johnson A.M., Sarma C., Mummaleti G., Kalakandan S.K. Incidence, toxin gene profile, antibiotic resistance and antibacterial activity of *Allium parvum* and *Allium cepa* extracts on *Bacillus cereus* isolated from fermented millet-based food. *LWT*, 2022, vol. 160, no. 11, pp. 113314. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.113314
5. Jensen L.B., Baloda S., Boye M., Aarestrup F.M. Antimicrobial resistance among *Pseudomonas* spp. and the *Bacillus cereus* group isolated from Danish agricultural soil. *Environ. Int.*, 2001, vol. 26, no. 7–8, pp. 581–587. DOI: 10.1016/s0160-4120(01)00045-9
6. Dietrich R., Jessberger N., Ehling-Schulz M., Märtlbauer E., Granum P.E. The Food Poisoning Toxins of *Bacillus cereus*. *Toxins (Basel)*, 2021, vol. 13, no. 2, pp. 98. DOI: 10.3390/toxins13020098
7. Ramm F., Stech M., Zemella A., Frenz H., Kubick S. The Pore-Forming Hemolysin BL Enterotoxin from *Bacillus cereus*: Subunit Interactions in Cell-Free Systems. *Toxins (Basel)*, 2021, vol. 13, no. 11, pp. 807. DOI: 10.3390/toxins13110807
8. Zhao Y., Sun L. *Bacillus cereus* cytotoxin K triggers gasdermin D-dependent pyroptosis. *Cell Death Discov.*, 2022, vol. 8, no. 1, pp. 305. DOI: 10.1038/s41420-022-01091-5
9. Choma C., Granum P.E. The enterotoxin T (BcET) from *Bacillus cereus* can probably not contribute to food poisoning. *FEMS Microbiol. Lett.*, 2002, vol. 217, no. 1, pp. 115–119. DOI: 10.1111/j.1574-6968.2002.tb11464.x
10. Hansen B.M., Høiby P.E., Jensen G.B., Hendriksen N.B. The *Bacillus cereus* bceT enterotoxin sequence reappraised. *FEMS Microbiol. Lett.*, 2003, vol. 223, no. 1, pp. 21–24. DOI: 10.1016/S0378-1097(03)00249-0
11. Marxen S., Stark T.D., Rüttschle A., Lücking G., Frenzel E., Scherer S., Ehling-Schulz M., Hofmann T. Depsipeptide Intermediates Interrogate Proposed Biosynthesis of Cereulide, the Emetic Toxin of *Bacillus cereus*. *Sci. Rep.*, 2015, vol. 5, pp. 10637. DOI: 10.1038/srep10637
12. Ehling-Schulz M., Fricker M., Scherer S. Identification of emetic toxin producing *Bacillus cereus* strains by a novel molecular assay. *FEMS Microbiol. Lett.*, 2004, vol. 232, no. 2, pp. 189–195. DOI: 10.1016/S0378-1097(04)00066-7
13. Cờ sở dữ liệu nhiệm vụ KHCN – Đánh giá khả năng phát hiện trực tiếp gen độc tố của *Bacillus Cereus* trong một số thực phẩm có nguồn gốc từ gạo bằng kỹ thuật Multiplex PCR. *BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ HỆ THỐNG THÔNG TIN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ*. Available at: [https://sti.vista.gov.vn/tw/Pages/tai-lieu-khcn.aspx?ItemID=199450&Type\\_CSDL=TAILIEUKHCN&Keyword=&searchInFields...](https://sti.vista.gov.vn/tw/Pages/tai-lieu-khcn.aspx?ItemID=199450&Type_CSDL=TAILIEUKHCN&Keyword=&searchInFields...) (October 08, 2024) (in Vietnamese).
14. Saeed B.M.S., Abbas B.A., Al-Jadaan S.A.N. Detection of *Bacillus cereus* genes responsible for diarrheal and emetic toxins. *J. Phys. Conf. Ser.*, 2021, vol. 1879, no. 2, pp. 022034. DOI: 10.1088/1742-6596/1879/2/022034
15. National Advisory Committee On Microbiological Criteria For Foods. Response to Questions Posed by the Department of Defense Regarding Microbiological Criteria as Indicators of Process Control or Insanitary Conditions. *J. Food Prot.*, 2018, vol. 81, no. 1, pp. 115–141. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-17-294
16. Abdelaziz M.N.S., Zayda M.G., Maung A.T., El-Telbany M., Mohammadi T.N., Lwin S.Z.C., Linn K.Z., Wang C. [et al.]. Genetic Characterization, Antibiotic Resistance, and Virulence Genes Profiling of *Bacillus cereus* Strains from Various Foods in Japan. *Antibiotics (Basel)*, 2024, vol. 13, no. 8, pp. 774. DOI: 10.3390/antibiotics13080774
17. Nakayama T., Yamaguchi T., Jinnai M., Yamamoto S., Li H.T., Ngo P.T., Tran D.N.M., Nguyen O.T.H. [et al.]. Un-targeted Phylogenetic Group III of Multi-drug-Resistant *Bacillus cereus* Isolated Using Fraser Medium from Retail Chickens in Ho Chi Minh City. *Curr. Microbiol.*, 2021, vol. 78, no. 8, pp. 3115–3123. DOI: 10.1007/s00284-021-02562-1
18. Algammal A.M., Alfifi K.J., Mabrok M., Alatawy M., Abdel-Moneam D.A., Alghamdi S., Azab M.M., Ibrahim R.A. [et al.]. Newly Emerging MDR *B. cereus* in *Mugil seheli* as the First Report Commonly Harbor *nhe*, *hbl*, *cytK*, and *pc-plc* Virulence Genes and *bla1*, *bla2*, *tetA*, and *ermA* Resistance Genes. *Infect. Drug Resist.*, 2022, vol. 15, pp. 2167–2185. DOI: 10.2147/IDR.S365254
19. Jessberger N., Dietrich R., Granum P.E., Märtlbauer E. The *Bacillus cereus* Food Infection as Multifactorial Process. *Toxins*, 2020, vol. 12, no. 11, pp. 701. DOI: 10.3390/toxins12110701
20. Bağcıoğlu M., Fricker M., Johler S., Ehling-Schulz M. Detection and Identification of *Bacillus cereus*, *Bacillus cytotoxicus*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus mycoides* and *Bacillus weihenstephanensis* via Machine Learning Based FTIR Spectroscopy. *Front. Microbiol.*, 2019, vol. 10. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00902

Pham Ngoc Ha, Ninh Thi Hanh, Vu Khanh Van, Tran Le Minh, Nguyen Thanh Trung. Isolation and characterization of *ba-cillus cereus* strains isolated from a beef pizza food poisoning incident in Hanoi. *Health Risk Analysis*, 2025, no. 2, pp. 98–106. DOI: 10.21668/health.risk/2025.2.08.eng

Получена: 03.12.2024

Одобрена: 25.04.2025

Принята к публикации: 14.06.2025