

Учёные Политеха разработали природные противоопухолевые вещества из семян брокколи

Учёные Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого разработали носитель, который доставляет природные противоопухолевые вещества из семян брокколи в опухоль толстой кишки. Внешняя желатиновая оболочка проводит капсулу через кислую среду желудка без потерь, а частицы карбоната кальция внутри отдают действующее вещество уже в кишечнике и самой опухоли. Опыты на мышах показали, что в связке со стандартным химиопрепаратом система усиливает лечебный эффект и позволяет обойтись меньшими дозами. Результаты исследования опубликованы в международном научном журнале ACS Applied Materials & Interfaces.

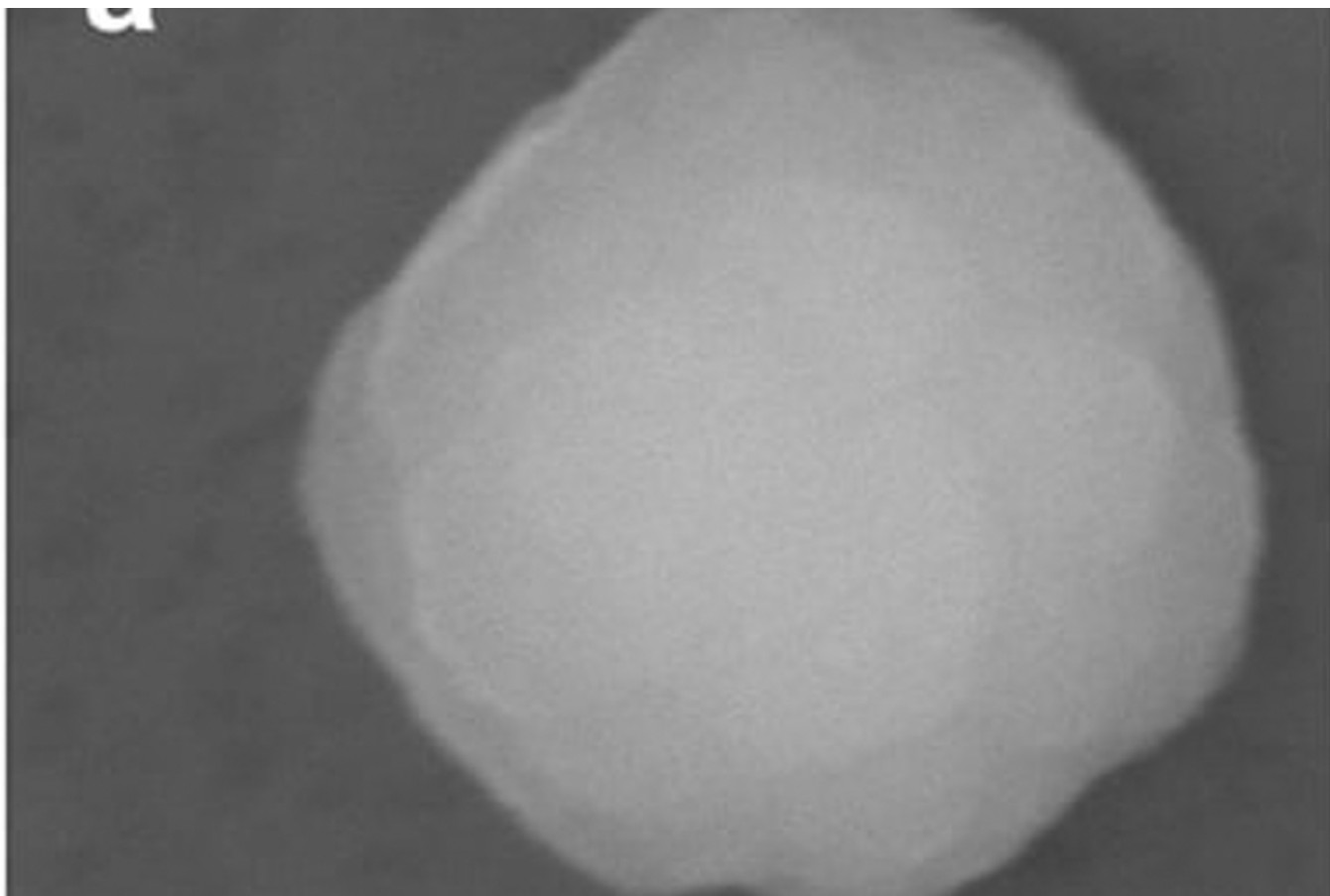


Рак толстой кишки остаётся одним из самых распространенных онкологических заболеваний в мире. Перспективной стратегией борьбы считается использование адресной доставки противоопухолевых веществ непосредственно в злокачественное образование. Так лекарство начинает действовать именно в поражённой зоне и не оказывает токсического системного влияния на весь организм. Один из возможных подходов к терапии рака включает использование изотиоцианатов — это природные

соединения, которыми богаты брокколи, кресс-салат и белокочанная капуста. Высокая биологическая активность, в том числе и противоопухолевые свойства изотиоцианатов, широко исследуются в мире. Однако существуют ряд ограничений, не позволяющих активно вводить препараты на их основе в реальный сектор экономики. В первую очередь они связаны с их слабой стабильностью в агрессивной кислой среде желудка, что приводит к плохому всасыванию, неизбирательному распределению по организму и преждевременной деградации. Как следствие, лечебный эффект оказывается слабым и нестабильным.

Обойти эти ограничения удалось сотрудникам Лаборатории нано- и микрокапсулирования биологически активных веществ Института биомедицинских систем и биотехнологий СПбПУ. Исследователи собрали носитель по принципу матрёшки, капсулы внутри капсулы. Действующее вещество, выделенное из семян брокколи, учёные поместили в микрочастицы карбоната кальция, а те запаковали в желатиновые шарики. Внешний желатиновый слой играет роль брони: он гораздо медленнее разрушается под действием желудочного сока и сохраняет активные молекулы целыми, пока они проходят через желудок. Уже в кишечнике желатин расщепляется под действием фермента трипсина и освобождает микрочастицы карбоната кальция с запакованными изотиоцианатами.

Мы взяли доступное, дешёвое и возобновляемое сырьё — семена брокколи, разработали эффективный и простой способ выделения смеси изотиоцианатов и научились доставлять их в необходимую область. Идея заключается в двойной защите: желатиновая оболочка проводит препарат через желудок, а карбонат кальция внутри раскрывается только в кислой среде опухоли и высвобождает действующее вещество постепенно. Такой носитель принимают перорально, а не вводят инъекцией. Это заметно упрощает лечение для пациента. Причём работает он в связке с классической химиотерапией, усиливая её, — отметил руководитель Лаборатории нано- и микрокапсулирования биологически активных веществ СПбПУ Александр Тимин.



Изотиоцианаты учёные получали из молотых семян брокколи. После гомогенизации и короткой ферментативной обработки из сырья выделяется смесь активных изотиоцианатов. Микрочастицы карбоната кальция синтезируют простым осаждением из растворов солей при комнатной температуре, без агрессивных реагентов. Ключевое свойство такого минерального носителя в чувствительности к кислотности: в нейтральной среде он стабилен, а в кислой, характерной для опухолевой ткани и внутриклеточных пузырьков-лизосом (рН около 4,5–5,5), растворяется и отдаёт активные соединения. Работу системы проверили на трёх модельных средах, имитирующих желудок, кишечник и внутриклеточное окружение, а затем — на культуре клеток рака толстой кишки, трёхмерных клеточных сфероидах и на мышах с привитой опухолью кишечника.

Главную ставку учёные сделали на сочетание природного вещества со стандартным химиопрепаратом — 5-фторурацилом. По данным исследователей, сильнее всего опухоль подавлялась именно в той группе животных, что получала комбинированный носитель вместе с 5-фторурацилом. Формальный анализ подтвердил эффективное совместное действие двух веществ, которое оказалось больше суммы их эффектов по отдельности: индекс комбинации опустился до 0,73–0,76 (значение ниже единицы как раз и указывает на синергию). На практике это означает, что нужного результата можно добиться меньшими дозами, снизив тем самым токсическую нагрузку на организм. При этом сам носитель показал себя безопасным: тесты

на совместимость с клетками крови не выявили разрушения эритроцитов.

Похожие системы на основе карбоната кальция разрабатывают во многих лабораториях, но мы соединили сразу несколько идей: природные компоненты, двухуровневую систему доставки и комбинированный эффект с действующим химиотерапевтическим препаратом. Именно эта связка и дала синергетический эффект. Сейчас наша задача в оптимизации процесса извлечения изотиоцианатов из природного сырья, дополнительной модификации носителей, а также в проверке платформы на других типах опухолей, — пояснил старший научный сотрудник Лаборатории нано- и микрокапсулирования биологически активных веществ СПбПУ Тимофей Карпов.

Наиболее очевидное направление применения разработки — рак толстой и прямой кишки, где важно одновременно создать высокую концентрацию препарата в самой опухоли и не навредить здоровым тканям. Пероральный приём делает такую терапию менее травматичной и более удобной, а опора на дешёвое растительное сырьё и простой синтез оставляет запас для масштабирования.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (№ 25-15-20047) и Санкт-Петербургского научного фонда.

Дата публикации: 2026.08.13

[>>Перейти к новости](#)

[>>Перейти ко всем новостям](#)