

**Бета-1,3/1,6-глюканы в  
качестве иммунных  
модуляторов**

# Иммунная система

Первичная функция иммунной системы – защита организма от заражения вирусами, бактериями, грибами и паразитами. Она играет также важную роль при удалении отмерших клеток тела и восстановлении при повреждениях, нанесенных факторами окружающей среды, например, такими как сильный свет, радиация или яды. Иногда реакция иммунной системы может быть чрезмерной, возможен ее дисбаланс. Результатом подобного дисбаланса могут стать иммунные расстройства, такие как артрит, определенные типы астмы, аллергия и другие заболевания. Иммунный ответ может также быть замедлен, что снижает сопротивляемость организма инфекциям. Поэтому надежное функционирование иммунной системы крайне важно для крепкого здоровья.

Ученые годами пытались найти вещества, вызывающие контролируемый процесс и побуждающие врожденную иммунную систему реагировать на инфекции быстро и эффективно, не вызывая при этом воспаление и нежелательные побочные эффекты. Исследования показали, что стимулировать и активизировать иммунную систему способны бета-1,3/1,6-глюканы. В ходе эволюции иммунная система «научилась» распознавать эту молекулярную структуру как надежный стимулятор процессов. Бета-1,3/1,6-глюканы в очищенной форме являются сигналом для иммунной системы, подготавливающим ее к быстрому и адекватному ответу на инфекции и оказывающим сильное сопротивление патогенам.

## Что такое бета-1,3/1,6-глюканы?

Глюканом является полисахарид, состоящий только из молекул глюкозы. Два основных типа глюканов – альфа- и бета-глюканы ( $\alpha$ - и  $\beta$ -глюканы), характеризующие принцип соединения молекул глюкозы. Номер указывает на место соединения одной молекулы со следующей. Комбинация альфа/бета и номера передает точную структуру глюкановой цепи. Наиболее известные глюканы – крахмал и целлюлоза. Молекулы глюкозы крахмала связаны альфа-1,4-связями, а целлюлозы – бета-1,4-связями. Но эти глюкановые молекулы не укрепляют иммунную систему.

Бета-1,3/1,6-глюканы являются природными соединениями, находящимися в стенках клеток грибов и дрожжей. Молекула бета-1,3/1,6-глюкана состоит из длинной основной цепи молекул глюкозы, соединенных бета-1,3-связями, и боковых цепей молекул глюкозы, также соединенных бета-1,3-связями (рис. 1). Боковые цепи соединены с основной бета-1,6-связями. Бета-1,3/1,6-глюканы обладают сильным иммуноукрепляющим свойством.

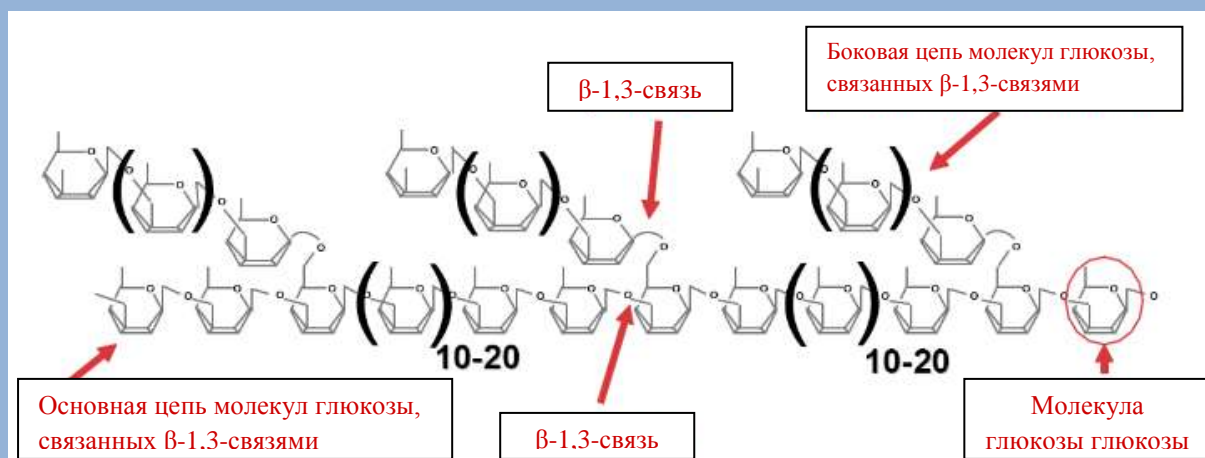


Рисунок 1. Структура молекулы бета-1,3/1,6-глюкана

Молекулы глюкозы, соединенных бета-1,3-связями, образуют основную цепь. Молекулы глюкозы, образующие боковую цепь, связаны также бета-1,3-связями, но с основной цепью они соединяются бета-1,6-связями.

## Механизм действия

Белые кровяные клетки (на передовом рубеже иммунной защиты) обладают рецепторами, способными связывать вторгающиеся в организм патогены. На поверхности лейкоцитов существуют рецепторы, связывающие и бета-1,3/1,6-глюканы. Для того чтобы иммунная система их распознала, боковые цепи молекулы глюкозы бета-1,3-глюкана связаны с основной цепью бета-1,6-связями. Специфическая структура бета-1,3/1,6-глюканов позволяет им соединяться с определенными рецепторами на поверхности лейкоцитов (макрофагов, гранулоцитов и нормальных киллеров). Подобное соединение похоже на принцип ключа и замка. Длина боковых цепей определяет эффективность стимуляции иммунной системы. Чтобы точно подойти к рецепторам белых кровяных клеток, «ответвления» должны состоять как минимум из двух молекул глюкозы.

Макрофаги являются частью врожденной иммунной системы. Соединение бета-1,3/1,6-глюкана с рецептором вызывает активизацию макрофага, что укрепляет врожденную иммунную систему. В то же время соединение с бета-1,3/1,6-глюканом стимулирует производство макрофагом сигналов тревоги (таких как цитокины), стимулирующих клетки специфической иммунной системы (В- и Т-лимфоциты). Это способствует укреплению иммунного статуса и увеличенному производству иммуноглобулинов<sup>6</sup>.



### Результаты применения бета-1,3/1,6-глюканов:

- Более высокая антимикробная активность и клеточная защита
- Повышенная устойчивость к болезням
- Нейтрализация воспалительных процессов

**Рисунок 2. Активизация макрофага при специфическом соединении бета-1,3/1,6-глюкана с рецептором**

## Механизм действия

Рисунок 2 показывает принцип ключа и замка: соединение бета-1,3/1,6-глюкана с рецептором макрофага. Это ключ, который активизирует иммунную систему и способствует более высокой антимикробной активности и клеточной защите, повышенной устойчивости к болезням и снижению воспалительных процессов.

Большинство клеток иммунной системы находится в покровных слоях тела, особенно в эндотелии кишечника, являющимся самым большим иммунологическим органом. Принимаемые орально бета-глюканы могут связываться с дендрическими и другими иммунными клетками в лимфоидной ткани пищеварительного тракта (в пейеровых бляшках). Активизированные в эндотелии кишечника клетки иммунной системы высвобождают сигналы тревоги, или цитокины. Таким образом, принятые орально бета-1,3/1,6-глюканы активизируют помимо неспецифической иммунной системы также иммунную систему всего организма (специфическую). Это вызывает интенсивный фагоцитоз макрофагов, активизирует производство специфических иммуноглобулинов и нейтрализует вредные побочные действия иммунной системы. Бета-1,3/1,6-глюканы не только оказывают полезное действие на здоровье пищеварительного тракта, но и уменьшают иммунные нарушения во всем организме (рис. 3).

Недавние исследования<sup>3</sup> показали, что оральное применение бета-1,3/1,6-глюканов снизило в плазме концентрацию провоспалительных цитокинов ИЛ-6 и ФНО- $\alpha$  и увеличило концентрацию противовоспалительного цитокина ИЛ-10. Таким образом, бета-1,3/1,6-глюканы обладают противовоспалительным действием.

Добавление бета-1,3/1,6-глюканов в пищу имеет двойное полезное влияние на здоровье организма: укрепляет иммунную систему и уменьшает воспаление.

## Механизм действия

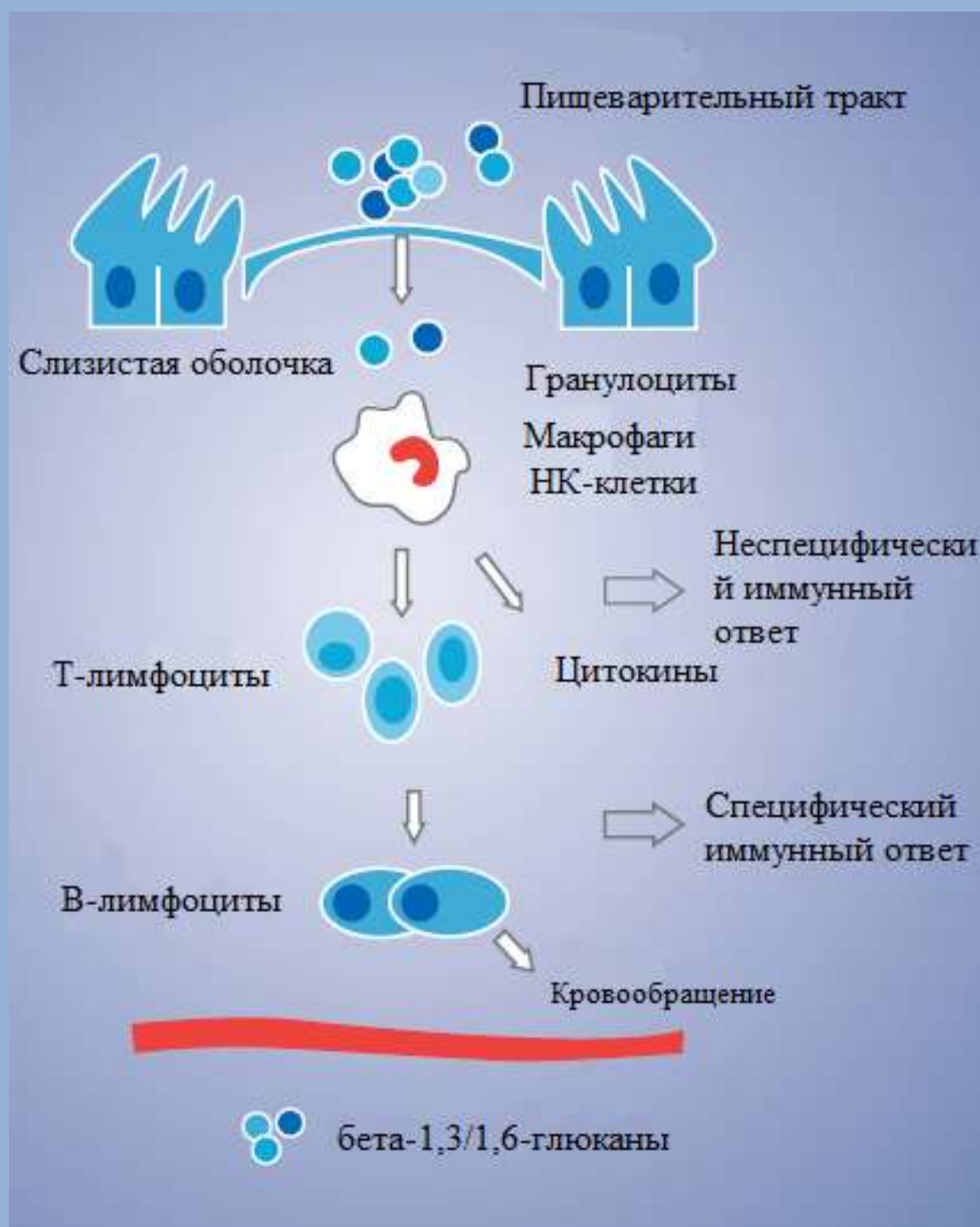


Рисунок 3. Принимаемые орально бета-1,3/1,6-глюканы связываются в пищеварительном тракте с иммунными клетками и активизируют таким образом неспецифические и специфические иммунные клетки.

# Эффективность применения бета-1,3/1,6-глюканов

В жизни домашних животных бывают периоды, когда применение бета-1,3/1,6-глюканов особенно важно. Бета-1,3/1,6-глюканы помогают повысить естественные защитные силы молодых животных и предотвратить снижение иммунного статуса пожилых животных. Они укрепляют иммунитет во время стресса или болезней. Исследования показали, что бета-1,3/1,6-глюканы могут укрепить иммунный ответ после вакцинации. В ходе исследования, проведенного со щенками, добавление в корм бета-1,3/1,6-глюканов увеличило уровень антител после вакцинации (неопубликованные данные, 2001). У получающих бета-1,3/1,6-глюканы свиноматок после вакцинации наблюдался индуцированный специфический иммунный ответ, о чем свидетельствовал значительно повышенный титр антител молока<sup>2</sup>.

Многочисленные исследования доказали, что бета-1,3/1,6-глюканы могут повысить резистентность к отдельным инфекциям. Прикорм бета-1,3/1,6-глюканов рыбам активизировал врожденную иммунную систему<sup>4</sup> и увеличил выживаемость артемий после заражения патогеном *Vibrio campbellii*<sup>5</sup>.

У отлученных поросят, зараженных бактерией *E. coli*, добавление в корм бета-1,3/1,6-глюканов сократило продолжительность и интенсивность диареи и снизило подверженность колонизации *E. coli*<sup>6</sup>. Прикорм бета-1,3/1,6-глюканов курам-несушкам, больным хроническим энтеритом, существенно снизил воспалительную клеточную инфильтрацию и улучшил общие показатели здоровья кур<sup>7</sup>.

# Различия между дрожжами, дрожжевыми препаратами, бета-глюканами и бета-1,3/1,6-глюканами

Стенки клеток пекарских дрожжей содержат большое количество бета-1,3/1,6-глюканов, способных связываться с глюкановыми рецепторами белых кровяных клеток. Но бета-глюкан сложно высвободить из структуры клеточной стенки: на ее внешней поверхности слой бета-1,3/1,6-глюканов покрыт слоем белковых молекул. Эти маннопротеины прикреплены к боковым цепям бета-1,3/1,6-глюканов. Из-за белков, покрывающих боковые цепи бета-1,3/1,6-глюканов, цельные дрожжи и неочищенные продукты из клеточных стенок не влияют на эффективность иммунной системы.

Для стимуляции иммунной системы важно использовать специальную технику, позволяющую удаление слоя маннопротеинов, не разрушая бета-1,3/1,6-глюканов. Некоторые продукты, содержащие бета-1,3/1,6-глюканы, недостаточно очищены, в результате чего глюкан остается по-прежнему частично покрыт слоем маннопротеинов. Такие продукты почти никак не влияют на иммунную систему.

Ячмень и овес также содержат бета-глюканы, но это бета-1,3-глюканы (без боковых цепей) или 1,4-глюканы. Боковые же цепи крайне важны для связывания со специальными рецепторами макрофагов. Поэтому бета-глюканы овса и ячменя, как известно, не активируют иммунную систему.

Бета-1,3/1,6-глюканы возможно выделить из дрожжей, а также грибов. Существуют различные типы бета-1,3/1,6-глюканов, отличающиеся длиной боковой цепи и интервалами между цепями. В зависимости от структуры молекулы варьируется и ее эффективность, поэтому результаты исследований с одним типом бета-1,3/1,6-глюканов нельзя автоматически переносить на другой.



## Использование бета-1,3/1,6-глюканов в кормах Specific

Отдельные корма Specific содержат MacroGard<sup>®</sup>, являющийся источником очищенных бета-1,3/1,6-глюканов, выделенных из пекарских дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. MacroGard<sup>®</sup> безопасен для применения в кормах для модуляции иммунной системы. Многочисленные исследования, проведенные с различными видами животных, показали, что использование такого источника очищенных бета-1,3/1,6-глюканов оказывает благоприятное действие на здоровье.



## Указанные источники

1. Dalmo RA & Bøgvold J (2008)  $\beta$ -glucans as conductors of immune symphonies. *Fish Shellfish Immunol* 25: 384-396.
2. Decuyper J et al. (1998) The potentials for immunostimulatory substances ( $\beta$ -1,3/1,6-glucans) in pig nutrition. *J of Anim Feed Sci* 7: 259-265.
3. Li J et al. (2006) Effects of  $\beta$ -glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, and immunological and somatotropic responses of pigs challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *J Anim Sci* 84: 2374-2381.
4. Siwicki AK et al. (2009) Supplementing the feed of pikeperch [*Sander lucioperca* (L.)] juveniles with MacroGard and its influence on nonspecific cellular and humoral defence mechanism. *Aquac Res* 40: 405-411.
5. Soltanian S et al. (2007) Enhanced disease resistance in *Artemia* by application of commercial  $\beta$ -glucans sources and chitin in a gnotobiotic *Artemia* challenge test. *Fish Shellfish Immunol* 23: 1304-1314.
6. Stuyven E et al. (2009) Effect of  $\beta$ -glucans on an ETEC infection in piglets. *Vet Immunol Immunopathol* 128: 60-66.
7. Star L et al. (2009) Beta-1,3/1,6-glucans alleviate chronic enteritis in laying hens. 17-ый Европейский симпозиум по кормлению птицы, Эдинбург, Шотландия, 23-27 августа 2009 г.