

**РАЗМЕРКАВАННЕ І ТРАНСПАРТ
СТРАВАВАЛЬНЫХ ФЕРМЕНТАЎ
У СТРАЎНІКАВА-КІШАЧНЫМ ТРАКЦЕ
БУЙНОЙ РАГАТАЙ ЖЫВЁЛЫ**

Згодна з сучаснимі ўяўленнямі, гідроліз корму ажыццяўляеца як у поласці страўніка-кішачнага тракту, так і на паверхні слізістай абалонкі. Дзяянне ферментаў у розных рэакцыйных фазах мае прынцыпавыя адрозненні: у поласці — раствораныя ферменты і субстраты, на паверхні слізістай — імабілізаваныя.

Змесціва рубца, сычуга, тоўстага кішечніка неаднароднае і пры цэнтрыфугаванні падзяляеца на трох фазы: вадкую, гелевую і цвёрдую. Малекулярная структура геля ўяўляе сабой каркас з палімерных малекул, на якім адсарбіруюцца ферменты [8]. Такім ж гелевымі структурамі акружаны харчовыя часцінкі ў тонкім кішечніку [2].

Адным з кампанентаў цвёрдай фазы з'яўляюцца харчовыя раслінныя валокны [5—7], якія не толькі служаць крэйніцай пажыўных рэчываў, але і ўдзельнічаюць у адсорбцыі розных кампанентаў з вадкай фазы [1]. Гэтыя даныя былі атрыманы на сабаках і куранятах. Што датычыць траваедных жывёлін, якія ўжываюць шмат клятчаткі, то такіх даных у літаратуры мы не сустракалі.

Асаблівасці будовы складанага страўніка жвачных значна змянілі стрававальныя працэсы ў сычугу і кішечніку. Бактэрыі і інфузоры, якія насяляюць перадстраўнікі жвачных, актыўна ўдзельнічаюць у гідролізе вугляводаў, клятчаткі, бялкоў [3]. Уздзяянне мікраарганізмаў выклікае з'яўленне на клятчатцы аднаўляльных груп канцавых рэшткаў глюкозы [8], што змяняе яе ўласцівасці.

У буйной рагатай жывёлы асноўным кампанентам рацыёну з'яўляецца клятчатка, якая добра здрابняеца ў час жвачкі. Наяўнасць сеткі

Табліца 1. Ферментатыўная актыўнасць вадкай часткі змесціва розных аддзелаў стрававальнага тракту буйной рагатай жывёлы

Паказчык	Рубец	Сычуг	Тонкая кішка	Абадочная кішка
pH, адз.	7,06 \pm 0,12	4,35 \pm 0,5	6,1 \pm 0,11	8,6 \pm 0,2
Амілалітычная актыўнасць, мг/(гадз·л)	67,0 \pm 13,0	—	827,01 \pm 50,7	154,01 \pm 15,1
Пратэалітычная актыўнасць, каз. адз.	—	—	72,2 \pm 3,5	117,0 \pm 2,2
Ліпалітычная актыўнасць, адз. мл	—	—	54,1 \pm 4,3	13,9 \pm 2,96
Фасфатазная актыўнасць, ммоль/(гадз·л)	—	—	2460,0 \pm 236,0	7,0 \pm 0,6
Ператраўляльная сіла на бялкоў, мм	1,9 \pm 0,2	3,4 \pm 0,32	3,8 \pm 0,2	—
Ператраўляльная сіла на крухмал, мм	—	—	14,6 \pm 0,7	—
Колькасць інфузорый, тыс. мл	184 \pm 61	—	—	—
Агульная кіслотнасць, адз. цітру	—	50,9 \pm 4,2	—	—
Звязаная саляная кіслата, адз. цітру	—	23,0 \pm 3,7	—	—
Свабодная саляная кіслата, адз. цітру	—	сляды	—	—

Таблица 2. Ферментативная акты́насць змесціва
тонкай і абдочнай кішак ($M \pm m$)

Назва змесціва	Аміалітывчна акты́насць, мг/(гадз.л)	Ліпалітывчна акты́насць, адз./мл	Фасфатазная акты́насць, ммоль/(гадз.л)	Пратэалітывчна акты́насць, каз. адз.
<i>Тонкая кішка</i>				
Вадкая частка	647,8 \pm 21,1	21,5 \pm 1,2	1748,8 \pm 25,6	81,03 \pm 4,3
Гелевая частка	492,26 \pm 20,1	42,9 \pm 3,4	1375,2 \pm 24,7	116,6 \pm 9,8
Цвёрдая частка	492,13 \pm 17,6	48,5 \pm 2,1	989,48 \pm 20,7	101,3 \pm 6,8
<i>Абдочная кішка</i>				
Вадкая частка	126,3 \pm 11,6	41,05 \pm 2,9	35,5 \pm 1,3	7,0 \pm 0,25
Цвёрдая частка	126,4 \pm 10,9	38,9 \pm 2,7	23,7 \pm 2,2	10,1 \pm 1,3

і кніжкі, здольных прапускаць толькі дробныя часцінкі корму, а таксама даўжыня кішечніка, якая ў кароў больш за 40 м, дазваляюць меркаваць, што клятчатка ў кішечніку жвачных служыць не толькі крыніцай энергіі, але і актыўна ўдзельнічае ў працэсах транспарту ферментаў.

Зыходзячы са сказанага вышэй, мы паставілі мэту вывучыць працэсы транспарту стрававальных ферментаў у страўнікава-кішачным тракце дарослай буйной рагатай жывёлы.

Даследаванні праведзены на 33 жывёлінах буйной рагатай жывёлы, забітых на Віцебскім мясакамбінаце пасля 24-гадзіннага галадання. У жывёлін бралі пробы змесціва рубца, съчуга, краніяльной часткі тонкай і абдочнай кішак, змяшчалі ў тэрмас з ільдом і накроўвалі ў лабараторию для даследавання.

У змесціве стрававальнага тракту вызначалі рН—рН-метрам, актыўнасць α -амілазы — па Каравею ў мадыфікацыі В. Г. Колба, В. С. Камышніка (1982), ліпазы — з трывутырынам, пратэалітывчную — па Ю. А. Шчарбакову, Г. Ф. Карапцко (1966), шчолачнай фасфатазы — па Багданскому, ператраўляльную сілу — на бялок і крухмал; акрамя таго, у змесціве рубца вызначалі колькасць інфузорый — па Е. П. Туркевич у камеры Гараева, у змесціве съчуга — свабодную і звязаную саляную кіслату, агульную кілотнасць.

Даследавалі ферментатывную актыўнасць вадкай, гелевай і цвёрдай фаз хімусу, атрыманых пасля цэнтрыфугавання.

З цвёрдай часткі змесціва рубца, съчуга, тонкага і тоўстага кішечніка рыхтавалі мазкі і вызначалі памер часцінкі пад мікраскопам з выміральным акулярам. Акрамя таго, вызначалі ферментатывную актыўнасць слізістай тонкага кішечніка.

Вадкая частка змесціва рубца кароў валодае нізкай аміналітывчнай актыўнасцю (у сярэднім $67 \pm 13,0$ мг/(гадз.л) — табл. 1). Рэакцыя асяроддзя ў рубцы амальнейтральная — $7,06 \pm 0,12$ адз. рН. Ператраўляльная сіла на бялок вагаеца ў межах 1,5—2,4 мм.

Вадкая частка съчужнага змесціва мае рН $4,35 \pm 0,5$ адз. Ператраўляльная сіла на бялок $3,4 \pm 0,3$ мм. Агульная кілотнасць вагаеца ад 38,4 да 70,0 адз. цітру, звязаная саляная кіслата — у сярэднім $23,0 \pm 3,7$ адз. цітру. Наяўнасць свабоднай саляной кіслаты нязначная, а ў некаторых жывёлін яна адсутнічае.

Ферментатывны спектр кішечнага змесціва ўключае ў сябе як панкрэатывчныя, так і ўласна кішечныя ферменты.

Даследаванне вадкай часткі змесціва краніяльной часткі тонкай кішкі, атрыманай пасля цэнтрыфугавання, паказала, што ў ёй аміналітывчная актыўнасць у 10—12 разоў вышэйшая, чым у рубцы (600—1024 мг/(гадз.л)), актыўнасць ліпазы — каля 100 адз./мл, пратэалітывчная кілотнасць — 42,0—95,0 каз. адз. Таксама высокая актыўнасць шчолачнай фасфатазы (1404—4230 ммоль/(гадз.л)). Была вызначана

актыўнасць гэтых ферментаў у цвёрдай і гелевай частках. Устаноўлена, што больш чым палова актыўнасці ферментаў прыпадае на гэтыя фазы змесціва (табл. 2) пры амаль раўнамерным размеркаванні ферментатыўнай актыўнасці паміж цвёрдай і флакулярнай часткамі.

Аднак калі ўлічыць малую аб'ёмную колькасць гэтых частак (вадкая : гелевая : цвёрдая = 8 : 1 : 1) у параўнанні з вадкай фазай, то канцэнтрацыя ферментаў у вадкай частцы ў некалькі разоў меншая.

Параўнанне ферментатыўнай актыўнасці вадкай часткі змесціва і слізістай абалонкі тонкага кішечніка праводзілася на 10 жывёлінах. Актыўнасць усіх даследуемых ферментаў у вадкай частцы хімусу вышэйшая, чым у слізістай. Гэта, відаць, звязана з дэсорбцыяй ферментаў з паверхні слізістай абалонкі кішечніка ў паслязабойны перыяд.

Змесціва абадочнай кішкі дарослай буйной рагатай жывёлы часцей мае выгляд рыхлай вільготнай масы. Аднак у асобных жывёлін яно па кансістэнцыі падобнае да хімусу, падзяляецца пры цэнтрыфугаванні на дзве фазы — вадкую і цвёрдую.

Параўнанне размеркавання актыўнасці даследуемых ферментаў у вадкай і цвёрдай фазах паказвае, што амілалітычная актыўнасць размеркавана раўнамерна, а актыўнасць шчолачнай фасфатазы, ліпазы і пратэалітычнай ў вадкай частцы вышэйшая. Разам з тым ферментатыўная актыўнасць змесціва тонкага кішечніка вышэйшая, чым у абадочнай.

Вымярэнне велічыні часцінк цвёрдай часткі змесціва сычуга, тонкага і тоўстага кішечніка паказала, што іх памеры не перавышаюць 3 мм. Самая большая колькасць (60—65%) часцінк дробныя — 0,1—0,3 мм. У змесціве рубца пасля сутачнага галадання кароў часцінкі корму больш буйныя, а некаторыя з іх дасягаюць 10 см, г. зн. няздробненое сена.

Улічваючи, што на клятчатку ў рубцы дзеянічаюць шчолачы, кіслоты браджэння, цэлюлозалітычныя бактэрыі, тэмпература і іншыя фактары, якія могуць змяніць яе адсарбцыйныя ўласцівасці, мы правялі дзве серыі доследаў. Спачатку была выяўлена залежнасць адсарбцыі ферментаў на клятчатцы ад pH асяроддзя, для чаго сена здрабнілі да велічыні часцінк 1 мм. Затым наважкі сена вытрымлівалі ў буферных растворах пры pH 4,4 і 7,0 адз., пасля чаго цэнтрыфугавалі. Цвёрдую частку цэнтрыфугата змешвалі з вадкай фазай хімусу, папярэдне вызначыўшы ферментатыўную актыўнасць, змяшчалі ў вадзянью баню пры 37 °C на 1 гадз і перыядычна ўстрэсвалі. Судадносіны вадкай і цвёрдай частак 8 : 2.

Пасля цэнтрыфугавання вызначалі ферментатыўную актыўнасць у вадкай частцы і гомагенате сянных часцінок.

Таблица 3. Адсарбіраванне ферментаў з вадкай часткі хімусу тонкай кішкі на сянных часцінках ($M \pm m$)

Даследуемая фаза	Амілалітычная актыўнасць, мг/(гадз·л)	Ліпалітычная актыўнасць, адз/мл	Фасфатазная актыўнасць, ммољ/(гадз·л)	Пратэалітычнай актыўнасць, каз. адз
Вадкая частка хімусу тонкай кішкі да інкубациі Сянныя часцінкі да інкубациі	144,0 \pm 13,7 Сляды	20,8 \pm 1,5 —	379,35 \pm 21,7 Сляды	110,0 \pm 5,6 Сляды
Сянныя часцінкі пасля інкубациі (pH 7)	102,8 \pm 6,4	11,1 \pm 1,2	201,06 \pm 16,1	250,0 \pm 22,5
Вадкая частка пасля інкубациі (pH 7)	75,4 \pm 3,6	11,1 \pm 1,1	360,39 \pm 25,6	76,0 \pm 3,5
Сянныя часцінкі пасля інкубациі (pH 4,4)	68,5 \pm 6,7	11,1 \pm 1,25	180,19 \pm 9,8	60,0 \pm 1,7
Вадкая частка пасля інкубациі (pH 4,4)	109,7 \pm 7,9	16,7 \pm 0,9	237,09 \pm 14,4	106,0 \pm 5,7

Актыўнасць усіх ферментаў, што даследуюцца, у вадкай частцы пасля інкубациі знізілася (адпаведна ў буферных растворах з pH 4,4 і 7,0 адз.): амілазы — на 23,8 і 47,6%, ліпазы — на 19,7 і 46,6, шчолачнай фасфатазы — на 37,5 і 5,0, пратэалітычна — на 3,6 і 30,9%. Адсорбцыя ферментаў на клятчатцы з буфернага раствору з pH 4,4 адз. на 8—12% меншая, чым на клятчатцы з буфернага раствора з pH 7 адз. (табл. 3).

У другой серыі доследаў выкарыстоўвалі клятчатку, атрыманую з рубца кароў; папярэдне яе адмывалі ад адсарбіраваных ферментаў. Клятчатку змяшчалі ў вадкую частку хімусу на 1 гадз пры 37°C і пе-рыядычна ўстрэсвалі. Затым змесціва цэнтрыфугавалі і вызначалі ферментатыўную актыўнасць у вадкай і цвёрдай фазах. Актыўнасць ліпазы размеркавана раўнамерна, а шчолачнай фасфатазы на 10% большая ў цвёрдай частцы, чым у вадкай.

Такім чынам, у дарослых жвачных жывёлін у рубцы пад дзеяннем ферментаў мікраарганізмаў расщепляюцца вугляводы і бялкі. Наяўнасць сеткі і кніжкі забяспечвае паступленне ў сычуг і кішечнік толькі дробных часцінак. У кішечніку ферменты адсарбіруюцца на слізістай, клятчатцы, а часткова знаходзяцца ў вадкай фазе змесціва. Ёсьць падстава лічыць, што ферменты з тонкага кішечніка (гэта галоўным чынам ферменты падстраўнікавай залозы) транспартируюцца разам з вадкай і цвёрдай часткамі хімусу, уздельнічаюць у гідролізе пажыўных рэчываў на ўсім працягу тонкай і абодочнай кішак, прычым у адсарбірованых ферментаў актыўны цэнтр арыентаваны па адносінах да субстрату, на што ўказвае ў [4].

Вывады

1. Актыўнасць α -амілазы ў краніальняй частцы тонкай кішкі ў 10—12 разоў вышэйшая, чым у рубцы, што ўказвае на значную ролю кішечніка ў гідролізе вугляводаў.

2. Хімус кішечніка пры цэнтрыфугаванні падзяляецца на тры фазы: вадкую, гелевую і цвёрдую (8 : 1 : 1), якія ўдзельнічаюць у транспарце ферментаў.

3. Велічыня адсорбцыі ферментаў на часцінках цвёрдай часткі хіму-су залежыць ад pH. З павелічэннем pH ад 4 да 7 адсорбцыя ферментаў павялічваецца. Клятчатка, якая прайшла перадстраўнікі і сычуг, у ад-сарбцыйных адносінах больш актыўная ў парастаўнні з натыўнай.

Summary

Digestive enzymes are adsorbed and transported on the particles of the dense part of chyme.

Літаратура

- Гальперин Ю. М., Лазарев П. И. Пищеварение и гомеостаз. М., 1986. 304 с.
- Гальперин Ю. М., Лазарев П. И. // Журн. общ. биол. 1985. № 1. С. 108—113.
- Пивняк И. Г., Тараканов Б. В. Микробиология пищеварения жвачных. М., 1982. 247 с.
- Уголев А. М. Мембранные пищеварение: Полисубстратные процессы, организациия и регуляция. Л., 1972. 358 с.
- Eastwood M. A., Kay R. M. A. // Amer. J. Clin. Nutr. 1979. Vol. 32, N 2. P. 364—367.
- Grexinos J. // Ann. nutr. (Paris). 1979. Vol. 33, N 2. P. 199—210.
- Karla I. // Food Hydrocolloids. 1988. Vol. 2, N 1. P. 1—18.
- Mulling R., Parish J. H. // Enzyme Microb. Technol. 1984. Vol. 6, N 3. P. 491—495.