

# МЕТОД ЗА ЕНЗИМНО ИНВЕРТИРАНЕ НА ЗАХАРЕН РАЗТВОР

## METHOD FOR ENZYME-DRIVEN INVERSION OF SUGAR SOLUTION

### МЕТОД ЕНЗИМНОГО ИНВЕРТИРОВАНИЯ САХАРНОГО РАЗТВОРА

гл. ас. д-р Христов И. и доц. д-р инж. Колев Б.  
Аграрно-индустриален факултет – Русенски университет, България

M.Sc. Hristakov I. PhD. and Assoc. Prof. M.Sc. Eng. Kolev B. PhD.  
Agrarian and Industrial Faculty – University of Ruse, Bulgaria

ihristakov@uni-ruse.bg, bkolev@uni-ruse.bg

**Abstract:** We suggest a method and a device for inverting sugar solution by using invertase enzyme and using it for feeding bees. The results suggest that when using the device for enzyme hydrolysis of sugars, the process of inverting the polysaccharides is the strongest until the ninth day, regardless of the quantity of honey added. After this period, the enzyme-driven process slows down significantly. The percentage of the monosaccharides triose, D-glucose, and fructose rises in the inversion process after the quantity of natural honey has been increased (from 1,5 kg to 3,0 kg respectively).

**Keywords:** INVERTASE, SUGAR SOLUTION, BEE HONEY

### 1. Увод

Пчелите, за да инвертират захарозата в разтвора, използват ензима инвертаза. Този ензим се секретира от подгълътчните жлези, разположени в главата на пчелите. Тъй като ензимите са белтъчни вещества, то прекомерното им отделяне води до изтощаване на пчелите, белтъчен глад, недостатъчно количество на секретирания ензим и до непълно разграждане на сложните захари.

Продължителното хранене със захар довежда до снижаване на инвертиращата способност на секретирания от пчелите ензим "инвертаза", което е показател за затихващото действие на техните жлези и признак за стареене на организма им [1, 2].

Според Първулов [4] и Кънчев [3], подхранването на пчелите с инвертиран разтвор изисква от тях по-малък разход на енергия и те са по-малко изтощени в сравнение с пчелите, преработвали обикновен захарен разтвор.

### 2. Резултати и дискусия

По данни на Желязкова [1] в определени моменти от подхранването на пчелите човекът с успех може да се намеси в протичането на някои биологични процеси в организма им като към изхранвания разтвор добави някои стимулиращи вещества:

- минерални вещества - кобалт, манган, калиев фосфат, калиев хлорид, калиев карбонат, магнезиев сулфат, магнезиев хлорид, калциев хлорид, натриев карбонат и натриев хлорид;

- витамини - вит. В<sub>1</sub>; В<sub>2</sub>; В<sub>6</sub>; В<sub>12</sub>; С; А; Д; Е;

- киселини - солна, оксалова, лимонена и др.

- стимулатори с високо съдържание на белтъчини, заместители на цветния пращец - мляко, соя, яйчен белтък, дрожди, кръв, кръвен серум, казеин, албумин и др.

- биостимулатори - СЖК, Енерджикс, карбоксилен, тъканни препарати на Филатов и др.

Забраната за употреба в пчеларската практика на антибиотици, сулфонамиди и синтетични хормони, като средство за лечение и стимулация на пчелните семейства, дава нови насоки за работа.

Предимствата на инвертирания захарен разтвор при подхранване на пчелните семейства са доказани отдавна [2, 4]. Захарозата (обикновената тръстикова или цвеклова захар) е дизахарид. При нагряване с минерални и органични киселини или под действието на ензима инвертаза се хидролизира до съставлящите я прости захари (глюкоза и фруктоза), които са

много по-лесно усвоими от пчелите. Инвертираната захар има специфично въртене (-20 градуса наляво) на оптичната активност. Промяната в посоката на въртене (инверсия) се дължи на фруктозата.

Инвертирането на захарта става по няколко начина:

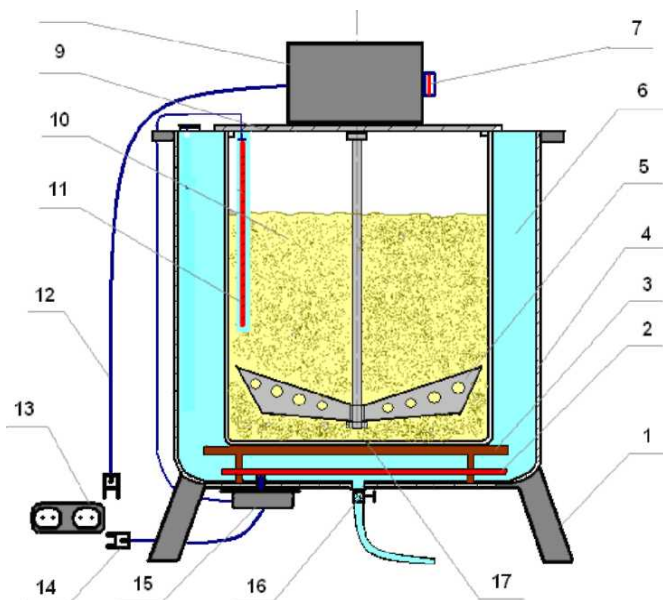
- химически (киселинен);
- ензимен (с нектарен мед или изкуствена инвертаза).

При първия начин се използва винена, оцетна или фосфорна киселина. Този способ се състои в следното: 11,4 kg захар се смесват с 3,8 литра вода и 14 g винена киселина. Сместа се загрева бавно на слаб огън и ври в продължение на 30-45 min. При този метод инвертирането на захарта протича много бързо и е съпроводено с образуването на хидроксиметил фурфурол (ХМФ), който е токсичен и рязко снижава продължителността на живота на пчелите. При ензимният метод се получава висококачествен инвертиран разтвор не съдържащ ХМФ.

Предлаганият метод се състои в смесване на кристална захар, мед и вода в съотношение 29:3:8, хомогенизиране на сместа, последващо нагряване в диапазона 35...37°C придружено с периодично или непрекъснато разбъркване за определен период до получаване на оптимално инвертиране.

За прилагането на метода е създадено автоматизирано устройство за ензимно инвертиране на захарен разтвор, чието устройство е показано на фиг. 1.

Устройството е предназначено за инвертиране на захарен разтвор. Конструктивната разработка се състои от вътрешен контейнер (17), в който се поставят определено количество вода, захар, мед и други допълнителни добавки. Контейнерът има капак (9), върху който е монтирано устройство електромотор, с потенциометър и ос на бъркалка (8). Вътрешният контейнер се потапя и позиционира върху дървена скара (3), във водната баня на външния контейнер. Цялото устройство е фиксирано на стойка (1). В долната част на външния контейнер е монтиран изпускателен кран (16), за по-лесно източване на водата от него. Монтирано е и устройство за управление на електрическия нагревател (2) и поддържане на постоянна температура (PID регулатор) (15). Платката за управление е свързана с термодатчик (11), потопен във вътрешния контейнер със захарен разтвор и следящ температурния диапазон на изменения на температурата на водата (в диапазон от 35°C до 37°C). Захранването на електрическата бъркалка, на платката за управление и на нагревателя е от електрическата мрежа с 220 V.



**Фиг. 1.** Схема на устройството за инвертиране и хомогенизиране на захарен разтвор

1-стойка на конструкцията; 2 - електрически нагревател; 3 - дървена скара; 4 - корпус (външен контейнер) на уреда; 5 - електромеханична бъркалка монтирана на ос; 6 - вода; 7 - потенциометър за промяна на честотата на въртене на електродвигателя; 8 - устройство с вграден електромотор и електрическо захранване на бъркалката; 9 - капак на вътрешния съд; 10 - инвертиран захарен сироп; 11 - електро-термодатчик; 12 - кабел за захранване на електродвигателя и управлението му; 13 - електрически контакти за 220 V; 14 - кабел за захранване на електрическия нагревател и платката му за управление; 15 - платка за управление на електрическия нагревател, работещ съвместно с електротермодатчика; 16 - кран за източване на водата от външния съд; 17 - вътрешен контейнер потопен във вода.

Принципът на работа на устройството е следният: поставят се 14,5 kg захар, 1,5 kg мед и 4 l питейна вода във вътрешния контейнер, който се потапя в напълнения с вода външен контейнер. Първоначално се включва само бъркалката с цел хомогенизиране на разтвора. Включва се електронагревателят, който поддържа температурата на водата в контейнера и температурата на захарния разтвор във вътрешния контейнер в диапазона от 35°C до 37°C. Електромеханичната бъркалка се включва периодически при вече достигната температура от 35 °C на водата.

Процесът продължава до настъпване на рязък спад на интензивността на инвертиране на захарозата. Инвертираният захарен разтвор е с алкална реакция, поради което към него се добавят 5 g оцетна киселина, за да се достигне pH на естествения мед. За ускоряване на процеса на инвертиране може да се използва концентриран пречистен ензим (инвертаза), получен в лабораторни условия от дрожди или гъбички.

Резултатите от изследванията (табл. 1) показват, че процесът на инвертиране и превръщане на полизахаридите в монозахариди протича най-интензивно до 9-ия ден от началото. След това процесът се забавя, вероятно поради намаляване на количеството инвертаза, който е доставен с натуралния пчелен мед.

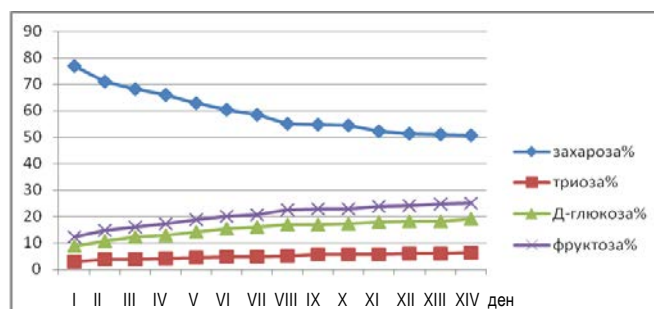
От данните се вижда, че захарозата намалява към 9-ия ден от 76,85% до 54,69% (1,4 пъти), а в края на опита до 50,70% (1,5 пъти). Количеството на монозахаридите фруктоза, триоза и глюкоза се увеличава съответно 2,0; 2,1 и 2,2 пъти.

**Табл. 1:** Лабораторни тестове за инвертиране на захарен разтвор<sup>1</sup>

Ден	Захароза [%]	Триоза [%]	Д- глюкоза [%]	Фруктоза [%]
I	76,8523	2,9545	8,8486	12,3446
II	70,9089	3,6660	10,7945	14,6305
III	68,1064	3,7714	12,1917	15,9306
IV	65,9196	4,2270	12,7446	17,1089
V	62,8620	4,4877	14,0165	18,6338
VI	60,1956	4,6003	15,2429	19,9613
VII	58,4689	4,8310	16,0138	20,6862
VIII	55,1575	5,1741	16,9375	22,5366
IX	54,6885	5,5633	16,9671	22,8108
X	54,5115	5,6391	17,1318	22,8823
XI	52,2699	5,6421	17,7232	23,8617
XII	51,3233	6,046	18,0167	24,2036
XIII	51,0684	6,0935	18,3091	24,6140
XIV	50,7032	6,1451	19,0859	24,8943

Графичната интерпретация на резултатите е илюстрирана на фиг. 2.

Резултатите от следващия експеримент (табл. 2, фиг. 3), при използване на двойно по-голямо количество (3 kg) натурален акациев мед, показват, че процесът на инвертиране протича по-интензивно през първите 9 дни, както и при предходния експеримент. За разлика от него сега степента на инвертиране е значително по-голяма - захарозата от 68,64% намалява до 32,08%. Нивото на монозахаридите се увеличава, като за 14-дневния период е съответно за фруктозата 2 пъти високо (от 16,24 до 32,3%), за триозата 2,5 пъти (от 3,68 до 9,36%) и за глюкозата 2,3 пъти (от 11,43 до 26,24%).



**Фиг. 2.** Графични зависимости от процеса на инвертиране на захарозата до фруктоза, триоза и Д-глюкоза по резултатите от първия експеримент

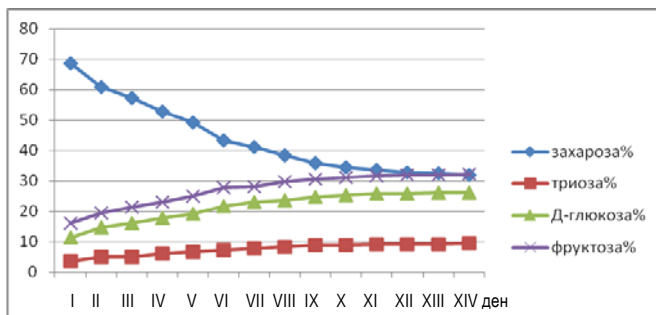
**Табл. 2:** Лабораторни тестове за инвертиране на захарен разтвор<sup>2</sup>

Ден	Захароза [%]	Триоза [%]	Д- глюкоза [%]	Фруктоза [%]
I	68,6421	3,6893	11,4301	16,2487
II	60,8504	4,9328	14,7342	19,4723
III	57,3842	5,0217	16,2437	21,3414
IV	52,8721	6,1472	17,8412	23,1405
V	49,1031	6,7431	19,1247	25,0278
VI	43,3842	7,1438	21,6372	27,8341
VII	41,0912	7,8328	22,9714	28,1036
VIII	38,3416	8,4371	23,5781	29,6431
IX	35,853	8,9563	24,7123	30,4784
X	34,5928	9,0271	25,2364	31,1437
XI	33,5500	9,1296	25,7481	31,5723
XII	32,8807	9,1783	25,9768	31,9642
XIII	32,6431	9,2971	26,0127	32,0471
XIV	32,0856	9,3648	26,2472	32,3024

<sup>1</sup> Захарният разтвор е получен от 14,5 kg захар с 1,5 kg акациев мед и 4 литра вода

<sup>2</sup> Захарният разтвор е получен от 14,5 kg захар с 3 kg акациев мед и 4 литра вода

Направените лабораторни тестове показват, че добавянето на по-голямото количество натурален мед в захарния разтвор осигурява по-високо ниво на ензима инвертаза, в резултат на което се постига по-пълно инвертиране на полизахаридите. Процесът на инвертиране протича най-интензивно до 9-ия ден от началото, независимо от количеството на меда в разтвора.



**Фиг. 3.** Графични зависимости от процеса на инвертиране на захарозата до фруктоза, триоза и Д-глюкоза по резултатите от втория експеримент

### 3. Заключение

От резултатите от лабораторните експерименти и техния анализ може да се формулират следните изводи:

1. При използване на създадената уредба за ензимна хидролиза на захарите, процесът на инвертиране на полизахаридите е най-интензивен до деветия ден, независимо от добавяното количество мед. След този период ензимният процес протича с много бавни темпове.
2. Процентът на монозахаридите триоза, Д-глюкоза и фруктоза нараства в процеса на инвертиране след увеличаване на количеството натурален мед (от 1,5 на 3,0 kg).

### 4. Литература

- [1] Желязкова И., Хранене на медоносните пчели, София, ИК Еньовче, 2005
- [2] Котларски М. Пчели и захар. – Пчеларство, 2004
- [3] Кънчев К. Винаги ли са нужни лекарства. - Пчеларство, №6, 2007, стр. 17-19
- [4] Първулов Б. Инвертиране на захарен сироп. - Пчела и кошер, 2005