DYNAMICKÝ SBĚR KVASNIC Z CKT A JEJICH ASIMILACE PŘED ZAKVAŠOVÁNÍM – KVASNIČNÉ HOSPODÁŘSTVÍ GAMBRINUS

DYNAMIC YEAST COLLECTION FROM CCT AND THEIR ASSIMILATION BEFORE PITCHING – YEAST MANAGEMENT GAMBRINUS

JOHANN STEENBERG, JAROSLAV GUBIŠ, EVA MELICHAROVÁ, VÁCLAV ŠIMEK, Plzeňský Prazdroj, a.s.
U Prazdroje 7, 304 97 Plzeň

RICHARD GOLDMANN, Alfa Laval spol. s r.o., U Nákladového nádraží 6, 130 00 Praha 3

Klíčová slova: stres, asimilace, dynamické zakvašování mladiny, kvasná křivka

Keywords: stress, assimilation, dynamic wort pitching, fermentation curve

1 ÚVOD

Nízká hygienická úroveň, vysoký vliv rozhodování obsluhy, zhoršení fyziologického stavu kvasnic během skladování a z toho plynoucí nevyrovnané prokvašování mladiny v CKT, vedlo management společnosti Plzeňský Prazdroj, a.s. k rozhodnutí o rekonstrukci kvasničního hospodářství pivovaru Gambrinus. Vůdčí myšlenka projektu, zaměřená především na omezení stresů [1, 2], na minimalizaci zdržení kvasnic mimo CKT [3] a využití výhod nepřetržitého provozu varny, vyústila v *dynamický sběr kvasnic a zakvašování mladiny*. Zařízení – čerpadla, vibrační sito, armatury a míchadla (Scandi Brew), chladič kvasnic, sanitační stanice, potrubní propojení a řídicí systém (Alfa Laval) – bylo koncipováno jako plně automaticky řízené, s výkonem $Q = 60$ hl/h kvasničné suspenze a s maximálním zdržením kvasnic mimo CKT do 24 hodin. Veškerá technologie je řízena a zobrazována na velínu CKT a je programově svázána s chlazením, provzdušňováním a plněním mladiny do CKT.

1 INTRODUCTION

Because of the low hygienic level, high level of operators intervention, deterioration of physiological condition of yeast during storage and resulting unsatisfactorily fermentation of wort in CCT's, the Plzeňský Prazdroj, a.s. management decided to upgrade the Gambrinus yeast handling facility. The key focus of the project was the elimination of yeast stress [1, 2] and reduced delay of yeast removal from CCT's [3]. This resulted in a *dynamic yeast collection and pitching model*. Equipment – pumps, vibrating screen, fittings and agitators (Scandi Brew), yeast chiller, sanitising station, piping connection and controlling system (Alfa Laval) – was combined as a fully automated facility with an output: $Q = 60$ hl/h of yeast suspension and maximum yeast cropping delay of 24 hours after completion of the main fermentation. The system is controlled from the fermentation control centre and it is linked with cooling, aerating and filling of CCT's.

2 TECHNOLOGIE A METODY

2.1 Stresy ovlivňující fyziologický stav kvasnic

Z celé řady nepříznivých podmínek, ovlivňujících negativně činnost várečných kvasnic a označovaných jako *stresové faktory*, se v technologii CKT nejčastěji projevuje:

- **teplotní stres**, a to buď jako chladový šok během odstřelu kvasnic, kdy dochází v kónusu CKT k lokálnímu podchlazení ($t < 0^\circ\text{C}$), anebo během skladování teplych várečných kvasnic delší dobu (např. 5 dní při teplotě 12°C),
- **osmotický stres** při kvašení mladiny s vyšším obsahem původního extraktu (HGB),
- **hydrostatický stres** – kvašením piva ve vysokých CKT (17 – 22 m) a působením rozpustěného CO_2 ($> 0,2$ MPa) se mění permeabilita buněčné membrány a tím enzymová aktivita buněk,
- **mechanický stres** vznikající působením vysokých střížných sil (čerpadla, míchadla, regulační ventily).

Výše popsané stresy působí zpravidla současně a mohou být násobně inhibiční účinky ethanolu, vyšším podílem kalů, popř. poklesem koncentrace živin (promývání kvasnic vodou). Souhrn všech těchto faktorů snižuje vitalitu a viabilitu kvasnic a může vést k poškození kvasničných buněk či k jejich autolýze. Znalost stresových faktorů se promítá i do předložené koncepce kvasničního hospodářství, neboť nelze-li stresy odstranit, lze je alespoň omezit. Omezení průduchových změn během sběru kvasnic a při zakvašování zabrahňuje jejich oslabení a potlačuje stresovou reakci zvyšováním iniciační hodnoty stresů.

2.2 Dynamický sběr kvasnic z CKT

Používané CKT, které velmi dobře odpovídají ekonomické rentabilitě ($D = 5000$ mm / 3500 hl, H/D 3,8:1), přínášejí již během kvašení, ale především pak následně pro sběrání kvasnic výrazný hydrostatický stres vyvolaný přetlakem cca $0,2$ MPa.

2 TECHNOLOGY AND METHODS

2.1 Stress affecting physiological condition of yeast

The following are well known stress factors that influence yeast performance:

- **temperature stress** which can either be from temperature shock in the CCT cone due to localised 'over-chilling' ($t < 0^\circ\text{C}$), or during long storage times of yeast at high temperatures either in the CCT cone or in the yeast storage vessels (e.g. 5 days at temperature 12°C etc.),
- **osmotic stress** by fermentation of worts with higher content of original extract (HGB)
- **hydrostatic stress** as a result of beer fermentation in tall fermenters (17 – 22 m) coupled with the effect of high dissolved CO_2 levels (> 2 bar)
- **mechanical stress** caused by effect of high shearing forces (pumps, agitators, regulating valves)

These stresses in combination usually have a cumulative effect and can be multiplied by the inhibitive effects of ethanol and high levels of trub. All these factors together decrease vitality and viability of yeast and can lead to deterioration of yeast cells or their death. Although these factors cannot be eliminated entirely, it may be reduced to more acceptable levels.

2.2 Dynamic yeast collection from CCT

The capacity of the Gambrinus CCT's is 3500 hl with a diameter of 5 metres, thus a H:D ratio of 3,8:1. The hydrostatic stress during fermentation as well as the CO_2 levels are significant and, in particular, for yeast ready to be cropped. The hydrostatic stress results from the hydrostatic pressure of ca 2 bar. Due to these facts removal takes place in several decompression stages in order to achieve gradual equalisation of pressure and surroundings at gentle releasing of CO_2 from

Z těchto důvodů se odstředění provádí v několika dekompressioních stupňů tak, aby bylo dosaženo postupného vyrovnávání tlaku vůči atmosféře, za pozvolného uvolňování CO_2 z kvasnic. Kvůli omezení metabolické aktivity je celý sběr prováděn bez přístupu vzduchu (ochranná atmosféra CO_2 , protiláčky odplyněnou vodou). Odstředění kvasnic z CKT (C) se řídí podle objemu a zákalu, tzn. po oddělení spodní špičky do odpadních kvasnic (průtok $Q = 70$ hl/h, protitlak $p = 0,1$ MPa) se sražené kvasnice čerpají přes deskový chladič na uzavřené vibrační síto průtokem $Q = 40 - 60$ hl/h. Výkon vibračního síta ovlivňuje stáří (počet nasazení) sbíraných kvasnic. Kvasnice z prvního nasazení velmi pěni a snižují výkon síta až o 30 %. Během chlazení (teplota $t = 2^\circ\text{C}$) se snižuje fyziologická aktivita kvasnic a současně se podporuje vysrážení chmelových pryskyřic. Díky vyšší tlakové ztrátě ve výměníku ($\Delta p = 0,16$ MPa) dochází při chlazení kvasnic i k dekompresi, a tím k pozvolné dekarbonizaci. Další a mnohem výraznější dekarbonizace nastává na uzavřeném vibračním sítu, kde se v důsledku mechanických kmitů uvolňuje CO_2 z kvasnic. Současně se vytváří ochranná atmosféra kvasného CO_2 , která brání oxidaci kvasnic vzduchem. Síto ($0,5 \times 0,5$ mm) se také významně podílí na odstranění hrubých nečistot (hořké kaly s větším podílem mrtvých nebo oslabených kvasnic). Vibrační síto [4, 5] může pracovat i v režimu vodní mlhy – skrápění (ochranná atmosféra CO_2 + mlha z odplyněné vody), čímž se

yeast. To limit metabolic activity, the whole collection takes place without air ingress (CO_2 protective atmosphere, interfaces with D-water). Yeast removal depends on volume and turbidity, i.e. after separation of bottom layer into waste yeast (flow rate $Q = 70$ hl/h, over-pressure $p = 1$ bar), brewing yeast is pumped through a plate chiller to a closed vibrating screen at flow-rate $Q = 40 - 60$ hl/h. During cooling (temperature $t = 2^\circ\text{C}$ using chilled water as cooling medium), the physiologic activity of yeast decrease and at the same time, precipitation of hop solids is supported. Thanks to higher pressure loss in the exchanger ($\Delta p = 1,6$ bar), decompression happens during yeast cooling which causes slow decarbonisation. More significant decarbonisation takes place in the closed vibrating screen, where CO_2 is removed from yeast as a result of mechanical shaking/vibrating. At the same time, a slightly over-pressure atmosphere of CO_2 is created, which protects yeast oxidation by air. The screen ($0,5 \times 0,5$ mm) also participates on removal of coarse dirt (bitter trub with higher share of dead or weakened yeast). The vibrating screen [4, 5] can operate with a water/mist spray (protective CO_2 atmosphere + mist from D-water), which helps to achieve dilution of the thick yeast suspension and also controls excessive foaming of yeast on the screen (particularly younger generations). Yeast is pumped from the screen to temperature controlled jacketed (chilled wa-

Obr. 1/Fig. 1 Technologické schéma nového kvasničného hospodářství/Yeast management system layout

Zařízení/Equipment

A – zásobní tanky kvasnic/yeast storage tanks; B – zakvácení a provzdušnění mladiny do CKT/wort pitching and aerating; C – CKT/CCT's; D – chladič kvasnic/yeast chiller; E – uzavřené vibrační síto/closed vibrating screen; F – ventilový blok/valve cluster; G – sanitární stanice/CIP station; H – rezervní zásobní tank/reserve storage tank

Media/ Power supply

1 – mladina z varny/wort from brewhouse; 2 – sterilní vzduch/sterile air; 3 – mladina do CKT/wort to CCT; 4 – pára/steam; 5 – odpadní kvasnice/waste yeast; 6 – odplyněná voda/D – water; 7 – oxid chloritý + voda/ ClO_2 + water; 8 – louh/caustic soda; 9 – kyselina/acid

dosáhne zředění husté kvasničné sušenky a sníží se i pění kvasnic na síti (zvláště mladší generace). Kvasnice se čerpají ze síti do odměrných (tři nezávislé měřicí váhové sondy) zásobních tanků, které jsou rovněž pod ochrannou atmosférou CO_2 a jsou chlazené ledovou vodou. Poslední stupeň dekarbonizace probíhá za řízeného míchání kvasnic přímo v chlazeném zásobním tanku. Po homogenizaci v tanku zjistí obsluha na laboratorní odstředivce konzistenci kvasnic a tuto hodnotu zadá do programu. Výpočetní systém zajistí korekci závažné dávky ($m = 1 \text{ kg/hl}$) a přeběhy se přeručá společně se zbývajícími kvasnicemi v CKT (horní špička) do odpadních kvasnic. Technologické schéma kvasničného hospodářství je znázorněno na obr. 1.

2.3 Asimilace kvasnic v zásobním tanku a zakvašování mladiny do CKT

Pro zabránění stresu z nedostatku živin je ke stažení kvasnicím asepticky přidána provozní mladina (1:5). Suspenze kvasnic a mladiny je pulzně míchána. Tento krok se nazývá *asimilace* [6], provádí se před zakvašením a trvá 2-4 h. Současně se takto kvasnicím simulují podmínky po zakvašení do CKT. Asimilace spolu s konstantní dávkou kvasnic (hmotnost) se významně podílí na vyrovnaném kvašení (obr. 3) a prokvašení mladiny v CKT (obr. 5). Dutou hřídeli míchadla lze během míchání, nejdříve však 1-2 hodiny před zakvašováním, závažnou dávkou provzdušnit. Provzdušnění kvasnic před zakvašováním mladiny napomáhá homogenizaci a zrychluje pomnožení kvasnic závažné dávky v CKT.

K omezení tvorby pěny při provzdušnění se využívá mírný přetlak, který zrcadlově ke sběru kvasnic z CKT slouží jako první kompresní stupeň následných kvasnic. Dosáhne-li výška pěny maximální hladinovou sondu, prodlouží se časový interval mezi provzdušňovacími cykly.

2.4 Mikrobiologická stanovení

V průběhu šesti měsíců byl testován výše popsaný systém z hlediska mikrobiologické čistoty výkapkové vody po sanitaci (obr. 2):

- celkový počet zárodků (CPZ) – GTK agar, kultivace 24-48 hodin při 30 °C

- mikrobiologické čistoty následných kvasnic (tab. 1);

- mléčné bakterie (MB) – NBB agar, kultivace v anaerostatu, pod atmosférou CO_2 , 5-7 dní při 28 °C.

ter) yeast storage vessels rested on 3 independent load cells for mass measurement. These YSV's also have a low pressure protective CO_2 atmosphere. The last decarbonisation takes place under controlled agitation of yeast directly in the cooled storage tank. After homogenisation in tank, operators measure yeast concentration using a laboratory centrifuge; these values are loaded into the yeast pitching control programme. The system calculates the pitching dose based on 1 kg of yeast at 60 % wet solids/hl of wort; surplus is transferred into waste yeast together with remaining yeast in CCT (top layer). The yeast management system is typified on the flow-chart (fig. 1).

2.3 Assimilation of yeast in storage tank and pitching of wort into CCT

To prevent stress from lack of nutrients, aseptic operational wort is added to cropped yeast (1:5) and agitated. This step is called *assimilation* [6] and it usually lasts for half of the yeast storage time (2-4 hrs); thus conditions for pitching into CCT are simulated. Assimilation, together with the constant yeast pitching rate i.e. 1 kg/hl, significantly contributes towards fermentation performance (fig. 3) and consistent attenuation of wort in a CCT (fig. 5). The pitching batch can be aerated ca 1-2 hrs before pitching by means of a hollow shaft of the agitator. Aeration before pitching of wort helps homogenisation and accelerates the growth of a new culture in a CCT.

Slight over-pressure is used to limit yeast fobbing during aeration. The over-pressure also serves as the first compression stage of pitching yeast. The time interval between aeration cycles can also be prolonged to keep fobbing down.

2.4 Microbiological determination

The system has been tested for six months with regards to microbiological standards of the rinsing water (fig. 2):

- contamination – total plate count (CPZ) GTK agar, cultivation 24-48 hrs at 30 °C

- and microbiological standards of the pitching yeasts (tab. 1):

- lactic acid bacteria – NBB agar, cultivation anaerobic under CO_2 atmosphere, 5-7 days at 28 °C.

Tab. 1 Kontaminace várečných kvasnic/ Contamination of brewing yeast

Kontaminace kvasnic/ Yeast contamination			
	KZ/Coli v/in g	DK/W.yeast v/in g	MB/L.acid bac. v/in g
Srpen/August 01	9,1	1250	2113
Září/Sept 01	14,3	0	27543
Ríjen/Oct 01	0	0	1000
Lистопад/Nov 01	26,7	0	121,4
Prosinec/Dec 01	0	125000	533
Leden/Jan 02	9,1	0	38027
Únor/Feb 02	0	0	14,3
Březen/March 02	0	0	10,5
Duben/April 02	0	666,7	117,9
Květen/May 02	0	1428,6	0
Červen/June 02	0	0	0
Červenec/July 02	0	0	0
Srpen/August 02	0	0	266,7
Září/Sept 02	0	0	0
Ríjen/Oct 02	0	0	0
Lистопад/Nov 02	0	0	2,5

* standardní provoz kvasničného hospodářství/standard yeast room operation from here

Obr. 2/ Fig. 2 Úbytek extraktu – původní vybavení/Extract reduction – original yeast facility

Obr. 3/ Fig. 3 Úbytek extraktu – nové kvasničné hospodářství/Extract reduction – new yeast facility

Obr. 4/ Fig. 4 Doba hlavního kvašení – původní vybavení kvasničného hospodářství/Time of main fermentation – original yeast room

Obr. 5/ Fig. 5 Doba hlavního kvašení – nové vybavení/Time of main fermentation – new yeast facility

– koliformní bakterie (KZ) – VČŽL agar, kultivace 24-48 hodin při 37 °C.
– divoké kvasinky (DK) – lysinové živné destičky, kultivace 2-5 dní při 25-28 °C.

Kontaminace u kvasnic se udává počtem zárodků v 1 g husté kvasničné suspenze, kontaminace výkapů je dána počtem zárodků na 1 ml (při zaočkování 50 ml vzorku).

Pro stanovení počtu mrtvých buněk byla použita metoda barvení metylenovou modří [7]. Viabilita nebyla stanovována.

Obr. 6/ Fig. 6 Výkapy ze zásobních tanků/Last rinsing water from storage tanks

– coliform bacteria – WRB agar, cultivation 24 – 48 hrs at 37 °C.
– wild yeast – lysine agar, cultivation 2-5 days at 25 – 28 °C.

Yeast contamination is expressed as number of organisms per 1 g of a thick yeast suspension and contamination of rinsing water is expressed as the number of organisms per 1 ml (at inoculation of 50 ml sample).

Dead cell count is by the methylene blue staining method [7]. Viability is not measured.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Jak vyplývá z porovnání obr. 2 a 3, došlo po uvedení nového zařízení do provozu k výraznému zlepšení v prokvašování mladiny s původní koncentrací 13 % hm. Příznivý vliv asimilace se projevuje v rychlejší prokvašení extraktu v prvních dnech kvašení. V měřeném čtvrtém dni kvašení je pokles zdánlivého extraktu u kvasnic po asimilaci průměrně o 0,6 % hm. vyšší než u kvasnic z původního vybavení. Tento trend se ještě výrazněji projevuje v pátý den (průměrný pokles 2,9 % hm.). Hlavní kvašení je prakticky skončeno v šestém dni s průměrnou hodnotou zdánlivého extraktu 2,7 % hm. Další odbourávání extraktu během dokvašování je max. 0,5 % hm.

Rychlejší prokvašování se nejzřetelněji projevuje ve vysoké standardizaci doby hlavního kvašení (obr. 4 a 5). Doba hlavního kvašení při konstantních provozních parametrech (teplota spínané mladiny, zákvasná dávka kvasnic, provedení) dnes již významně ovlivňuje pouze svařovaný slád. Rychlejší prokvašování má pozitivní vliv na snížení počtu mrtvých buněk (o 2 %), snížení hodnoty obsahu diacetylů (o 50 µg/l) a celkově na zlepšení fyziologického stavu vřečných kvasnic.

Definované potrubní trasy, pravidelné propařování sedel ventilů a vzduchových cest, krátký kyslík oplach před a po stažení kvasnic z tanku zaručují únosnou provozní míru kontaminace zásobních tanků kvasnic (obr. 6), ale především poskytují záruku čistých násadních kvasnic (tab. 1).

3 RESULTS AND DISCUSSION

Fig. 3 shows the improvement in fermentation performance after commissioning of the new yeast facility compared to before (Fig. 2). After 4 days of fermentation, attenuation was $\pm 2,5$ °Plato lower than before; by day 5 $\pm 2,9$ °Plato and the main fermentation practically finished on the 6th day $\pm 2,7$ °Plato better than before (Original Extract = 13 °Plato). End of fermentation gravity i.e. at racking, is now $\pm 0,5$ °Plato lower than before.

A faster attenuation, as can be seen in the fermentation times (Fig. 4 & 5) and high reproducibility is most obvious. The faster attenuation has a positive effect on dead cells count – decreased (by 2 %), diacetyl reduction (by 50 ppb) and an overall improved physiological condition of our brewing yeast.

The CIP system provides for steaming of pipework, valve seats and aeration ducts and also for an acid rinse before and after cropping to ensure sterility. The vibrating screen is also fully CIP'd as part of the cleaning cycle. Fig. 6 and tab. 1 shows the improvement of microbiological control.

Lektoroval Ing. Antonín Kratochvíl
Do redakce došlo 10.1.2003

Literatura/Literature

- [1] H.M.Heggart a kol.: MBAA Tech. Quart. 36, 1999, s. 383 – 406.
- [2] Mark Lee: EBC Monograph 28, Nutfield, 1999, s. 115 – 120.
- [3] K.Košar, S.Procházka a kol.: Technologie výroby sládu a piva, VÚPS 2000, str. 272.
- [4] Alfa Laval Scandi Brew: Product Catalogue, 2001.

- [5] Ch. Tenge, S. Donhauser, E. Geiger: Brauwelt 45, 1996, s. 2195 – 2199.
- [6] W. Back: Brauwelt Int. III/97, s. 192 – 201.
- [7] J. Šavel: Mikrobiologická kontrola v pivovarech, SNTL Praha 1980, str. 131.

Steenberg, J. – Gubiš, J. – Melicharová, E. – Šimek, V. – Goldmann, R.: Dynamický sběr kvasnic z CKT a jejich asimilace před zakvašením – kvasničné hospodářství Gambrinus. Kvasny Prum. 49, 2003, č. 2, s. 30–34.

Idea co nejkratší doby skladování várečných kvasnic, a tím i omezení vlivů stresových faktorů, byla uplatněna při rekonstrukci kvasničného hospodářství pivovaru Gambrinus. Původních šest skladovacích tanků s ručním propojením bylo nahrazeno dvěma plně automatickými váženými a mýchanými tanky pro sběr a úchovu kvasnic. Pomocí dynamického modelu sběru, asimilace a zakvašení mladiny se doba zdržení kvasnic mimo CKT snížila na 12–24 hodin. Omezení stresových faktorů zvýšilo počáteční rychlost kvašení a vedlo k reprodukovatelnému prokvašování (průměr zdánlivého prokvašení 79,6 % hm.) a k ustálené době hlavního kvašení 205–220 hodin.

Steenberg, J. – Gubiš, J. – Melicharová, E. – Šimek, V. – Goldmann, R.: Dynamic Yeast Collection From CCT and Their Assimilation Before Pitching – Yeast Management Gambrinus. Kvasny Prum. 49, 2003, No. 2, p. 30–34.

The concept of cropping yeast as soon as the main fermentation is finished, the shortest possible storage time of brewing yeast from cropping to pitching and limitation of stress factors was used for the design of the yeast management system in the Gambrinus brewery. The yeast room was re-built from the original 6 storage tanks with manual connections to 2 fully automatic yeast collection/storage vessels on load cells. (The 2 vessels vs 6 vessels enforce short storage times). By means of the dynamic model of collection, assimilation and wort pitching, the delay of yeast cropping from CCT as well as yeast storage times decreased to between 12–24 hrs. The limitation of stress factors increased the original speed of fermentation and led to reproducibility of fermentation curves (average app. fermentation 79,6 %) and a stabilised time of main fermentations 205–220 hrs.

Steenberg, J. – Gubiš, J. – Melicharová, E. – Šimek, V. – Goldmann, R.: Dynamische Hefeerte von ZKG Tanks, ihre Assimilation von der Aufstellung – Hefekeller der Brauerei Gambrinus. Kvasny Prum. 49, 2003, Nr. 2, S. 30–34.

Das Rekonstruktionsleitmotiv des Hefekellers in der Brauerei Gambrinus war die Erkenntnis, daß die Hefeaufbewahrungszeit so kurz wie möglich sein soll. Der ursprüngliche, sechsgefäßige Hefekeller mit den handgesteuerten Ventilen wurde in einen vollautomatischen, zweigeßfäßigen Meß – und Rührwerkhefekeller umgebaut.

Die Hefeaufbewahrungszeit in dem Hefekeller wurde durch dynamische Hefeerte, Assimilation und flexible Aufstellung auf 12–24 Stunden reduziert. Durch die schonendere Behandlung der Hefe und der Stressminderung wurde die Angärungszeit erhöht und brachte eine hohe Reproduzierbarkeit in der Vergärung (durchschnittlicher scheinbarer Vergärungsgrad 79,6 % gew.) und relativ konstante Gärungszeit von 205 bis 220 Stunden.

Стеenberg, Й. – Губиш, Й. – Мелихарова, Е. – Шимек, В. – Голдманн, Р.: Динамический съем дрожжей из ЦКТ и их ассимиляция перед разбраживанием – менеджмент для дрожжей на пивзаводе Гамбринус. Kvasny Prum. 49, 2003, No. 2, стр. 30–34.

При реконструкции цеха дрожжевого хозяйства на пивзаводе Гамбринус (город Пльзень) была преследована цель кратчайшего хранения дрожжей и тем ограничение стрессовых факторов. До реконструкции применяемые шесть танков для хранения дрожжей с мануальным проключением были заменены двумя вполне автоматизированными танками для съема и хранения дрожжей. При помощи динамического моделирования схема, ассимиляции и разбраживания суслы было время задержки дрожжей вне ЦКТ сокращено на 12–24 часов. Ограничение стрессовых факторов повысило начальную скорость разбраживания и позволило воспроизводимое сбраживание (средняя величина минимого брожения 79,6 вес. процентов) и стабилизированное время главного брожения 205–220 часов.