

Stanovení α -amylasy ve sladu

Ing. MARIE NENTWICHOVÁ, RNDr. ALICE DOLEŽALOVÁ, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, pracoviště Brno

Klíčová slova: slad, jakost, kontrola jakosti, α -amylasa, stanovení

α -Amylasy [EC 3.2.1.1 = 1,4- α -D-glukan-glukanhydro-lasa) se tvoří v obilovinách během klíčení. V nenaklíčeném ječném zrně není přítomna. Klíček tvoří látku podobnou kyselině gibereové, která indukuje tvorbu hydrolytického enzymu v aleuronové vrstvě. Bez živého klíčku se α -amylasa netvoří. Vývoj α -amylasy závisí silně na odrůdě a podmínkách sladování. Také klimatické podmínky během vegetace ječmene způsobují, že ječmeny, které měly dlouhé a chladné vegetační období, vytvářejí více α -amylasy než ty, které postihlo krátké, horké a suché období. V klíčícím ječmenu je 7 % celkového množství α -amylasy v klíčku, zatímco 93 % je rozděleno v endospermu. Z toho jsou zhruba 3/4 v polovině zrna obsahující klíček a 1/4 ve špičce zrna.

Jako endoenzym štěpí α -amylasa vazby α -1,4 makromolekul amylosy zevnitř. Při tom vznikají velkou rychlostí dextriny s lineárním řetězcem, složené ze 6–7 glukosových jednotek. Při delším působení enzymu mohou být dále štěpeny na maltosu, maltotriosu a nízké dextriny.

Molekuly amylopektinu jsou α -amylasou rovněž štěpeny na vazbách α -1,4 mezi místy rozvětvení. Kromě lineárních dextrinů vznikají také dextriny obsahující vazby isomaltosové. Při delším působení enzymu se odštěpené části štěpí dále, takže mohou vzniknout jako konečné produkty glukosa, maltosa a pannosa (isomaltosa).

Působením α -amylasy rychle ubývá viskozity škrobového mazu a modré zbarvení jodové reakce se úměrně rychle mění přes fialovou, červenou a hnědou až vymizí úplně.

Podmínky činnosti α -amylasy:

	čistý škrobový roztok	rmut
optimální pH	5,6–5,8	5,6–5,8
optimální teplota	60–65 °C	70–75 °C
inaktivace při	70 °C	80 °C

Aktivita α -amylasy je podporována ionty Ca^{++} , Zn^{++} a Cl^- . Sladová α -amylasa se svými fyzikálně chemickými vlastnostmi podobá globulinům. Je rozpustná v solných roztocích, isoelektrický bod má kolem pH 5,7 [1].

Hodnoty α -amylasy ve sladech nebyly dosud stanovovány na našem pracovišti. V poslední době se však stále častěji setkáváme s požadavky zahraničních odběratelů sladu na určení tohoto kritéria. Aktivita α -amylasy je z průmyslového hlediska nejdůležitější enzymovou charakteristikou sladu [2]. Znalosti enzymových aktivit sladu nabyly na důležitosti se změnami v technologii piva, zvláště při používání surogátů sladu.

Aktivita α -amylasy leží u provozních sladů normálně mezi 40–70 DU. Při hodnotách pod 30 DU mohou nastat potíže při zcukřování. (DU — Dextrinizing Units, jednotky α -amylasy.)

Metoda stanovení α -amylasy zakotvená v EBC [3] i ASBC [4] tzv. internacionální, je založena na principu měření „dextrinační doby“, tzn. doby, kdy je dosaženo standardního jodoškrobového zbarvení v přítomnosti výluhu β -amylasy. Srovnání barev se provádí v Helligeho komparátoru s barevným standardním sklem pro α -amylasu. Tato metodika, přesto, že je doposud používána v evropských zemích, nevyhovuje plně požadavkům praxe, poněvadž je časově velmi náročná. V odborné literatuře nacházíme mnoho pokusů o stanovení α -amylasy různými

metodami, které však zřejmě nedoznaly masovějšího rozšíření.

Henriksnäs a Lövgren [5] popisují postup stanovení aktivity amylas. Metoda záleží v dělení štěpných produktů chromatografií v gelech, na nichž může být provedeno zjištění molekulových hmotností složek. Pro dělení byla použita Sepharosa CL 4B a kvantitativní stanovení jednotlivých frakcí se provádělo anthronovou metodou. Na dvou druzích škrobu A a B, které byly zgelovatěny, bylo sledováno působení jednak α -amylasy, připravené z *Bacillus subtilis* a dále β -amylasy z brambor. Jednotku aktivity amylasy (U) definovali autoři jako μmol maltosy vytvořené za minutu.

Sledování tvorby α -amylasy v obilních zrnech prováděli *Hejgaard a Gibbons* [6] upravenou metodou gelové difúze se substrátem vázaným s barvivem. Tato metoda je velice jednoduchá a dovoluje stanovit aktivitu α -amylasy v jednotlivých zrnech gelovou difúzí. Jako substrát se používá škrob zesíťovaný s barvivem. Na ploténce $10 \times 10 \text{ cm}$ může být zkoumáno až 25 vzorků. Doba působení je 24 h při 25°C . Pak se činnost enzymů přeruší a změří se odbarvené plochy. Porovnání s běžným stanovením α -amylasy dává dobrou shodu.

Nefelometrickou metodu na stanovení aktivity α -amylasy při porostlosti pšenice vypracovali *Prasad et al.* [7]. Touto metodou lze rychle stanovit poškození klíčivosti v důsledku porostlosti.

Metody EBC a ASBC měří intenzitu jodoškrobového zbarvení, působí-li α -amylasa na β -limitní dextriny. Tento substrát nemůže být atakován β -amylasou, která působí jako typický exoenzym. Jakmile však endogenní působení α -amylasy rozštěpí molekuly škrobu, vytvoří se nové reaktivní články, na něž β -amylasa může působit. A tehdy dostáváme v přítomnosti β -amylasy vyšší hodnoty pro α -amylasu. Tyto skutečnosti uvádějí ve své práci autoři *Axcell a Murray* [8] a popisují dále výhodnost použití substrátu označeného obchodně jako Phadebas, ke stanovení α -amylasy, který je rezistentní proti působení β -amylasy.

Phadebasové tablety obsahují bramborový škrob síťovaný, transformovaný do trojrozměrné struktury, ve vodě bobtnající. Substrát je svázaný s modrým Cibachrom. Každá tableta obsahuje 45 mg suchého, barevného škrobového polymeru a 25 mg fosfátového pufru upravujícího pH na 7. Tablety obsahují také hovězí sérumalbumin jako aktivátor hydrolytické reakce. α -Amylasy hydrolyzuje modrý škrobový polymer na modrý, ve vodě rozpustný produkt, který je pak možno i jednoduchým fotometrem měřit při vlnové délce 620 nm. Tato metoda je analytickou komisí EBC zkoušena a po ověření a vyhodnocení bude zařazena do seznamu metod EBC.

Na obdobném principu hydrolyzy nerozpustného škrobového substrátu, na němž je kovalentními vazbami vázáno barvivo, je založeno stanovení α -amylasy pomocí substrátu Amylochrome Roche a z našich preparátů Bio-La-Test, výrobce n. p. Lachema a Spofa-Test z n. p. Slovafarma Hlohovec [10, 11]. Enzymovým odštěpením škrobu působením α -amylasy se substrát štěpí a uvolněné barvivo přechází do roztoku. Množství uvolněného barviva je úměrné aktivitě enzymu.

MEBAK [9] uvádí pro stanovení aktivity α -amylasy kromě metody EBC také metodu viskozimetrickou.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Z uvedených metodik jsme vyzkoušeli metodu EBC a ASBC, tzv. internacionální, která je prozatím běžně používána v evropských zemích a metody na principu chromogenních substrátů.

Metoda EBC

Princip metody

Za definovaných podmínek se přidá k předem β -amylasou rozštěpenému roztoku škrobu alikvotní díl sladového výluhu. Pak se měří čas, který je potřebný k tomu, aby se činností α -amylasy zbarvil škrobový roztok standardním jodoškrobovým zbarvením, které se porovnává se standardním barevným sklíčkem v Helligeho komparátoru. Jednotka α -amylasy DU udává, kolik škrobu se odbourá z jednoho gramu sladu za jednu hodinu.

Přístroje a zařízení

vodní lázeň

Helligeho komparátor s kotoučkem pro α -amylasu

13 mm skleněná kyveta ke komparátoru

pipety 2, 5, 10, 20 ml

stopky

laboratorní sklo

Reagencie a roztoky

Speciální škrob: rozpustný škrob podle Lintnera (Merck Nr. 1252)

β -amylasa: speciální β -amylasa (β -Amylase from Barley Malt 6U/mg material, pure, SERVA)

Standardní jodový roztok: 5,50 g J krystal., 11,0 g KJ se rozpustí ve vodě a doplní na 250 ml. Roztok se uchová v tmavé láhvi; vydrží 1 měsíc.

Zředěný jodový roztok: 20 g KJ rozpustit ve vodě, přidat 2 ml standardního jodového roztoku a doplnit na 500 ml.

Roztok NaCl 0,5 %: 5 g NaCl rozpustit v destilované vodě a doplnit na 1 litr.

Acetátový pufr: 272 g octanu sodného $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ se rozpustí ve vodě, přidá se 120 ml kyseliny octové a roztok se doplní na 1 litr. pH má být 4,7 při 20°C .

Pufrovaný roztok škrobu: 10 g \pm 0,005 g sušiny spec. škrobu se suspenduje ve 100 ml studené vody, suspenze se lije zvolna do 300 ml vroucí vody. Vaří se za míchání 1–2 min. Po ochlazení na 20°C se přidá 25 ml acetátového pufru a 250 mg β -amylasy, rozpuštěné v málo vodě. Roztok se doplní na 500 ml destilovanou vodou a přidá se několik kapek toluenu a nechá se nejméně 18, maximálně 72 h před upotřebením stát při 20°C (Roztok A).

Provedení

Příprava sladového výluhu

Přesně 25 g \pm 0,05 g sladové moučky se smísí s 500 ml 0,5% NaCl ve rmutovací kádince. Rmut se nechá stát 2,5 h přikrytý při 20°C ve vodní lázni. Během této doby se každých 20 min důkladně zamíchá. Nakonec se filtruje přes skládaný filtr, přičemž se první podíl vrací na filtr. 20 ml filtrátu se doplní 0,5% NaCl na 100 ml (roztok B).

Dextrinace

Roztok A a roztok B se vytemperují při $20^\circ\text{C} \pm 0,05^\circ\text{C}$.

— 10 ml roztoku B (u sladů bohatých na α -amylasu 5 ml a 5 ml 0,5% NaCl) se dá do 50 ml Erlenmayerovy baňky a vloží se do vodní lázně při $20^\circ\text{C} \pm 0,05^\circ\text{C}$;

— podle stopek se přidá 20 ml temperovaného roztoku A;

— roztok se promíchá opatrným vyfouknutím použité pipety (roztok C) a opět se temperuje;

— přesně po 10 min se vezme 2 ml tohoto roztoku C a přidá se k 10 ml zředěného jodového roztoku, dobře se promíchá a v 13 mm kyvetě se zkouší v Helligeho komparátoru proti sklíčku pro α -amylasu. Za kotoučkem stojí vždy vodou naplněná kyveta;

— tento pokus se opakuje v krátkých časových úsecích, až se barva roztoku v květetě vyrovná s barvou sklíčka;

— blízko konce stanovení se opakuje pokus v intervalu 30 s, přičemž se musí z pipety roztok C rychle vyfouknout;

— k výpočtu se přesně vyjádří čas, za nějž probíhá dextrinace od doby přidání výluhu až do vyrovnání barvy.

Výpočet

Jednotky α -amylasy (Dextrinizing Units, DU)

$$DU (20\text{ }^\circ\text{C}) = \frac{24}{W \times T}$$

$$DU (20\text{ }^\circ\text{C}) \text{ suš.} = \frac{DU \text{ v p\u016fv.} \times 100}{100 - \text{vl\u00e1ha}}$$

W — hmotnost v g ve 100 ml roztoku B se nacházejícího sladu; při 20 ml filtrátu sladového výluhu je W = 0,05 g.

T — čas dextrinace v minutách.

Hodnota 24 je vypočtena z navážky použitého škrobu násobeného časem (60 min).

Údaje se uvádějí v jednotkách DU v celých číslech.

Metody založené na štěpení chromogenních substrátů jsou méně pracné a časově méně náročné. Analytická komise EBC prozatím neukončila zkoušky se substrátem Phadebas, vyrobeným speciálně pro sladovou α -amylasu. Ze Švédska dodaný Phadebas pro klinické účely byl použit mnoha zahraničními autory pro analýzu sladu s úpravou pH na 5,6. Vyzkoušeli jsme rovněž tento preparát a přibrali jsme ke zkouškám náš výrobek Spofa-Test. Možnost použití tuzemského substrátu by usnadnila provádění analýz v provozních laboratořích.

Substrát Phadebas Amylase Test pro klinické použití: 1 tableta obsahuje — 45 mg sušiny modrého škrobového polymeru, 25 mg fosfátového pufru 0,2 M pro pH 7, hovězí serumalbumin k aktivaci hydrolytické reakce. Substrát je rezistentní proti působení β -amylasy.

Optimum působnosti sladové α -amylasy je při pH 5,5—5,6 na rozdíl od α -amylasy v séru, která má optimum při pH 7,0. Z toho důvodu je nutno použít jiný pufr, který je pro požadované pH vhodný. *Axcell* a *Murray* [8] vyzkoušeli různé pufrы a přiklonili se k acetátovému pufru s přísávkem CaCl₂ 0,05 g/l. Dále vyzkoušeli tuto metodu s použitím sladového výluhu používaného ke stanovení diastatické mohutnosti, a to jak běžný výluh vodou, tak stejným způsobem připravený výluh 0,5% roztokem NaCl. Při porovnání výsledků byl korelační koeficient pro oba způsoby 0,995, tedy vysoce průkazný, takže autoři používali dále běžný vodný extrakt pro diastatickou mohutnost. Vyhodnocování a výpočet se provádí podle tabulky přikládané ke každé lahvičce preparátu s přepočtem na poměry úpravy metody.

Vyzkoušeli jsme úpravu těchto autorů, poněvadž pro práci v našich laboratořích je výhodné použití výluhu připravovaného pro stanovení diastatické mohutnosti.

Spofa-Test je rovněž určen pro použití v biologických tekutinách.

Testovací tableta obsahuje nerozpustný síťovaný škrob s kovalentně vázaným barvivem, složky fosfátového pufru o pH 7, aktivátor enzymu a mikrokrytalickou celulosu jako neaktivní složku.

Výpočet se provede z tabulky hodnot aktivity α -amylasy v závislosti na absorbanci, která je přiložena ke každé šarži výrobku. Aktivita je udávána v jednotkách U/l, pro naši potřebu jsme přepočítávali na 1 g sušiny sladu, obdobně jako u metody EBC a Phadebasu.

Tabulka 1. Výsledky stanovení α -amylasy metodou EBC a oběma zkoušenými metodami

Č. vz.	EBC DU	Phadebas IU	Spofa U	Č. vz.	EBC DU	Phadebas IU	Spofa U
1	34	953	36	25	56	1414	71
2	47	1149	32	26	59	1351	70
3	57	1341	56	27	56	1449	68
4	49	1214	44	28	62	1379	68
5	35	1005	36	29	61	1477	63
6	41	1176	30	30	52	1239	58
7	54	1421	46	31	52	1316	62
8	44	1159	44	32	41	819	41
9	37	994	38	33	53	1239	68
10	36	947	36	34	60	1379	80
11	35	888	36	35	53	1204	64
12	32	811	36	36	37	819	45
13	35	933	38	37	53	1190	51
14	40	992	37	38	41	854	43
15	39	967	44	39	64	1580	79
16	44	1190	43	40	45	1055	56
17	58	1447	56	41	40	903	49
18	46	1185	40	42	32	721	38
19	36	957	39	43	32	763	43
20	40	926	45	44	41	995	50
21	41	1131	41	45	42	1022	56
22	35	907	36	46	39	1064	50
23	45	1122	48	47	51	966	56
24	56	1358	73	48	48	1008	51

Tabulka 2. Vztah hodnot α -amylasy k ostatním analytickým znakům sladu

Č. vz.	Extrakt %	Rozdíl m.š. %	Bílkoviny %	Kolbachovo číslo	RE 45 °C %	Diastat. moh. j. w. k.	Prokvašení %	α -amylasa DU
1	80,4	0,7	9,6	39,4	—	280	81,5	32
2	79,6	5,9	11,9	34,1	30,2	310	74,8	34
3	86,3	0,9	9,9	41,5	—	310	80,6	35
4	81,1	1,8	10,4	38,6	—	250	77,5	35
5	80,9	0,9	9,6	38,8	—	280	80,5	35
Ø	80,5	2,0	10,3	38,5	30,2	286	79,0	34
6	79,9	5,7	11,9	32,6	30,2	292	77,3	35
7	80,6	1,9	10,0	38,9	—	235	79,5	36
8	80,6	1,5	10,4	39,1	—	255	77,0	36
9	80,5	1,3	10,5	38,8	—	250	78,1	37
10	80,9	0,9	9,8	43,8	—	260	78,8	38
11	81,7	4,1	10,8	41,1	34,3	243	74,8	39
12	80,7	1,0	10,1	39,7	—	265	78,2	40
Ø	80,7	2,3	10,5	39,1	32,3	257	77,7	37
13	79,8	1,7	10,4	37,8	—	305	76,3	40
14	80,9	1,3	10,2	40,1	—	280	77,9	41
15	79,9	4,1	12,0	35,0	33,6	299	80,2	41
16	82,3	3,6	10,7	42,9	38,2	239	78,9	41
17	80,5	3,9	10,8	43,0	43,7	223	77,9	41
18	82,2	3,6	10,8	48,1	50,2	220	78,5	41
19	81,6	3,1	10,6	42,2	36,2	248	75,5	42
20	80,8	0,7	10,2	41,6	—	295	80,8	43
21	79,9	3,2	11,7	37,3	35,5	305	76,7	44
22	80,3	1,3	10,2	40,7	—	270	79,2	45
Ø	80,8	2,7	10,8	40,7	39,6	268	78,0	42
23	80,9	1,3	10,4	38,6	—	270	77,7	46
24	82,0	2,4	10,7	44,1	41,0	246	78,0	47
25	81,9	3,3	10,7	41,6	41,8	249	80,0	47
26	80,0	3,3	11,7	38,3	35,9	298	80,0	47
27	81,1	3,1	10,6	43,5	37,2	248	81,1	49
28	82,5	4,1	10,8	41,8	41,6	245	78,2	48
29	80,0	3,0	11,6	37,7	36,3	310	80,3	49
Ø	81,2	2,9	10,9	40,8	39,0	267	79,3	48
30	80,3	2,7	11,6	40,6	38,9	305	79,7	54
31	80,1	1,9	11,7	43,3	41,9	309	81,5	57
32	80,9	0,9	10,8	40,3	—	275	79,5	58
Ø	80,4	1,8	11,4	41,4	40,4	296	80,2	56

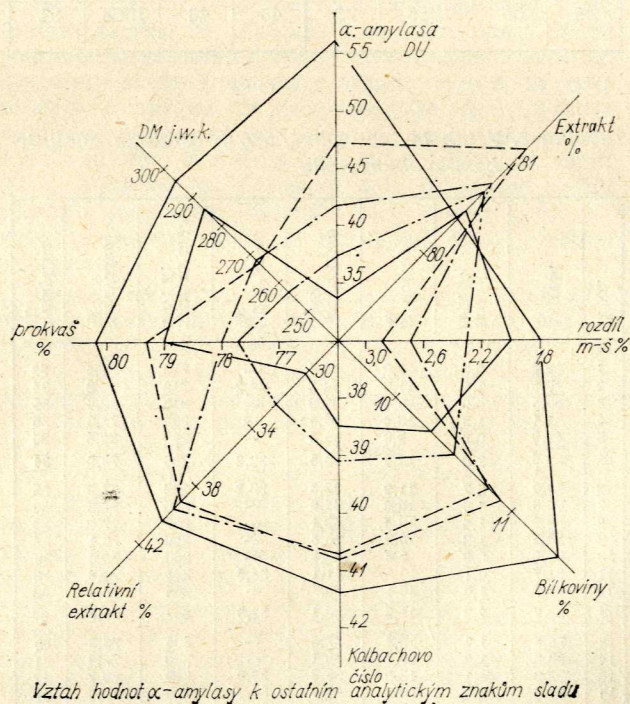
Porovnání metod na stanovení α -amylasy

Zpracovali jsme sérii 48 vzorků sladů jak pokusných, tak exportních [2]. U všech jsme stanovili α -amylasu metodou EBC i oběma zkoušenými metodami. Výsledky stanovení jsou uvedeny v tabulce 1.

Porovnali jsme výsledky obou zkoušených metod k metodě EBC a dostali jsme vysoce průkazné korelační koeficienty, a to EBC — Phadebas 0,895, EBC — Spofa 0,821. Kritická hodnota pro pravděpodobnost 99 % je 0,372. U hodnot α -amylasy stanovených Spofa-Testem je nutno zdůraznit, že bylo postupováno podle návodu firmy, tzn. že reakce probíhala při pH 7, které je vyšší než optimum pro působení sladové α -amylasy. Pro analýzy sladu je nutno upravit metodiku pro optimální podmínky působení sladové α -amylasy.

Vztah α -amylasy k ostatním analytickým znakům sladu

Z analytických hodnot série exportních i pokusných sladů [tab. 2] byly matematicko-statistickým hodnocením vypočteny závislosti jednotlivých znaků na hodnotách α -amylasy [12]. Bylo zjištěno, že hodnoty α -amylasy jsou závislé na RE při 45 °C (koeficient korelace $R = 0,522$ při kritické hodnotě r pro $p = 0,05$ 0,4821, pro $p = 0,01$ 0,6055) a na obsahu bílkovin ve sladu ($R = 0,445$ při kritické hodnotě r pro $p = 0,05$ 0,3494, pro $p = 0,01$ 0,4491), zde na hranici vysoce průkazné hodnoty. Závislost hodnot Kolbachova čísla na α -amylase je těsně pod hranicí pravděpodobnosti $p = 0,05$.



Podle hodnot α -amylasy byly sestaveny slady do 5 skupin a vypočteny průměrné hodnoty analytických znaků každé skupiny. Z průměrných hodnot byl sestaven kruhový graf, který vyjadřuje vztah hodnot α -amylasy k ostatním analytickým znakům sladu.

Literatura

- [1] NARZISS, L., SCHUSTER, K., WEINFURTNER, F.: Die Technologie der Malzbereitung, 6. Aufl. Stuttgart 1976
- [2] NENTWICHOVÁ, M., DOLEŽALOVÁ, A.: Závěrečná zpráva plán. výzk. úkolu ev. č. 7b/2 VÚPS Brno 1980

- [3] Metodika EBC — 3. vydání, 1975
- [4] Analytika ASBC
- [5] HENRIKSNÄS, H., LÖVGREN, T.: Biotechnol. Bioeng. 20, 1978, č. 8, s. 1303—1307
- [6] HEJGAARD, J., GIBBONS, G. G.: Carlsberg. res. com. 44, 1979, č. 1, s. 21—25
- [7] PRASAD, K., WATSON, C. A., CARNEY, J. B.: Cereal Chem. 56, 1979, č. 1, s. 43—44
- [8] AXCELL, B., MURRAY, J. P.: Brewer Digest 1979, č. 12, s. 38—40
- [9] MEBAK, I. vydání 1979
- [10] KRÁLOVÁ, B. a kol.: Kvas. prům. 26, 1980, č. 8, s. 169—174
- [11] BALAJA, D.: Diplomová práce, VŠCHT Praha, 1981
- [12] NENTWICHOVÁ, M., DOLEŽALOVÁ, A.: Závěr. zpráva plán. výzk. úkolu ev. č. 7b/2 — VÚPS Brno 1981

Nentwichová, M. - Doležalová, A.: Nové metody pro kontrolu sladu. Stanovení α -amylasy ve sladu. Kvas. prům. 30, 1984, č. 2, s. 25—28

V práci byla stanovena α -amylasa metodou EBC a vyzkoušeny metody na principu chromogenních substrátů (Phadebas, Spofa-Test). Byla vypočtena závislost hodnot α -amylasy na ostatních důležitých kritériích jakosti sladu. Nejužší vztah se projevilo s RE při 45 °C ($R = 0,522+$) a bílkovinami ($R = 0,495+$). Vztah hodnot α -amylasy a ostatních analytických kritérií je vyznačen v kruhovém grafu.

Нентвихова, М., Долежалова, А.: Новые методы контроля солода. Определение α -амилазы в солоде. Квас. прум. 30, 1984, № 2, стр. 25—28.

V работе α -амилаза была установлена методом ЭБО, и были испытаны методы на принципе хромогенных субстратов (Фадebas, Спoфа-Тест). Была рассчитана зависимость величин α -амилазы от остальных важных критериев качества солода. Самая тесная связь проявилась с РЕ при 45 °C ($P = 0,522+$) и белковыми веществами ($P = 0,495+$). Отношение величин α -амилазы и остальных аналитических критериев изображено на кольцевом графике.

Nentwichová, M. - Doležalová, A.: New Methods for Malt Checking. Determination of α -Amylase in Malt. Kvas. prům. 30, 1984, No 2, p. 25—28.

A description of the EBC method for α -amylase determination is made. Also methods based on a principle of chromogenous substrates (Phadebas, Spofa-Test) were tested. The correlation among values of α -amylase and the other important parameters of malt quality was calculated. A good correlation was found with RE at 45 °C ($R = 0,522+$) and proteins ($R = 0,495+$). The correlation among the values of α -amylase and the others analytical criterions is demonstrated in the plot.

Nentwichová, M. - Doležalová, A.: Neue Methoden der Malzkontrolle. Bestimmung der α -Amylase im Malz. Kvas. prům. 30, 1984, Nr. 2, S. 25—28.

In der Arbeit wurde die α -Amylase durch die EBC-Methode bestimmt und die Methoden auf dem Prinzip der chromogenen Substrate (Phadebas, Spofa-Test) erprobt. Es wurde die Abhängigkeit der α -Amylase-Werte von den anderen wichtigen Kriterien der Malzqualität errechnet. Die engste Beziehung wurde für den Wert des VZ bei 45 °C ($R = 0,522+$) und für die Eiweißstoffe ($R = 0,495+$) ermittelt. Die Beziehungen zwischen den Werten der α -Amylase und weiteren analytischen Kriterien werden in einem Kreisdiagramm dargestellt.