

Za poslední dvě léta se podstatně změnilý názory na klíčení i rozlušťování ječných zrn při výrobě sladu. Poznatky, které vedly k novým názorům vyplynuly z prací, jejichž cílem bylo poznat mechanismus působení kyseliny giberelové. Hovořit o nových názorech na klíčení není možno bez uvedení pokusů konaných s kyselinou giberelovou (GA_3).

Doposud platilo, že embryo je hlavním a snad jediným zdrojem enzymů, které způsobují rozluštění endospermu ječného zrna při klíčení [1]. O enzymech se předpokládalo, že v embryu vznikají, difundují štítkem, prostupují endospermem, přitom štěpí buněčné stěny, a tedy uvolňují škrobová zrna dalším enzymům. Věřilo se, že u krátkých zrn se dosáhne dobrého i rychlého rozluštění především proto, že poměr plochy štítku k endospermu je zde příznivější, než je tomu u dlouhých zrn. Velikost plochy štítku se uváděla v souvislost s množstvím enzymů, převáděných do endospermu.

Podle této teorie bylo možno jen stěží vysvětlit vlastní postup rozlušťování tak, jak se v zrně skutečně projevuje. Ačkoli enzymy difundují do endospermu štítkem, scutellem, je rozluštění patrné nejedříve na endospermu hřbetní části zrna, tedy na straně štítku protilehlé. Tato skutečnost byla prakticky nevysvětlena; zůstávalo ponejvíce při konstatování, že velké molekuly bílkovin enzymů atakují přednostně hřbetní endosperm.

Správnější pochopení uvedené problematiky umožnily právě výsledky prací, jimiž se sledoval způsob účinku GA_3 na klíčení ječných zrn. Význam kyseliny giberelové pro normální, nestimulované klíčení vyplynul ze zjištění přirozeného výskytu této látky v ječmeni [2]. Do úvah o klíčení tím přistoupil nový faktor, se kterým se doposud nepočítalo. O přirozeném výskytu giberelinu, resp. kyseliny giberelové, v ječmeni se ví asi pět let — a jeho pravý význam byl poznán teprve při studiu působení GA_3 , používané pro urychlení výroby zeleňého sladu.

Objasnění jak působí kyselina giberelová na urychlení rozluštění nebylo snadné; tímto problémem se zabývala řada předních výzkumných pracovníků. Působení GA_3 bylo přirovnáváno nejdříve k účinku auxinů [3], později vznikly názory v tom smyslu, že omezením aktivity oxydázy kyseliny indolyloctové se hromadí auxiny, a tím je dána lepší možnost pro jejich uplatnění. Vznikaly teorie, které přiřítaly úlohu tříslovinám, polyfenolovým látkám — další názory a domněnky se opíraly

o změny, zjištěné v činnosti cytáz, transamináz, amyláz apod.

Ucelenější názor vyplynul z návaznosti až posledních poznatků, zejména japonských, australských, anglických i dalších pracovníků. Práce byly náročné a jejich rozsah a důkladnost je až překvapující vzhledem ke krátkému časovému úseku, v němž byly vykonány. Pracovalo se s ječnými zrny, která byla zbavena embryí, dále se zrny odplušněnými, sledovala se tvorba enzymů v řezech ječných zrn inkubovaných za různých podmínek a proces rozlušťování byl pozorován na půlených zrnech [4].

Vedle samotného zjištění výskytu giberelinu přímo v ječmeni, zjistil Japonec Yomo [5], že embryo produkuje látky, po jejichž aplikaci na zrna bez embryí, začínou probíhat pochody rozlušťování endospermu zrn a tvoří se amylázy a proteázy. Tuto látku nazval AFX a zjistilo se, že jde o sloučeninu typu giberelinů.

V pozdějších pracích se ukázalo, že zrna zbavená embryí produkují po aplikaci kyseliny giberelové všechny enzymy a rozluštění proběhne dokonale [4]. V tomto směru se zjistila *důležitá úloha aleuronové vrstvy*: při jejím odstranění totiž rozluštění neprobíhalo.

Z této a řady dílčích poznatků, které byly v průběhu prací získány, byl vysvětlen účinek kyseliny giberelové. Působení této látky spočívá s největší pravděpodobností ve zvýšení tvorby enzymů v aleuronové vrstvě. Byla vyslovena i druhá možnost — totiž, že jde o zvýšení aktivity enzymů aleuronové vrstvy. V prvním případě je aleuronová vrstva považována za *přímý zdroj enzymů* v tom smyslu, že se v ní tvoří nové molekuly enzymů z aminokyselin (účinkem exogenně aplikované GA_3 ke zvýšené tvorbě). Připouští se také, že jde o zvýšené uvolňování enzymů z prekursorů, jejichž přítomnost se předpokládá. Jak potvrdily ještě další práce, je vysvětlení zvýšením toliko aktivity enzymů nepravděpodobné. Spotřeba kyslíku ječných zrn při klíčení, např. odpovídá tvorbě enzymových molekul z aminokyselin.

Odtud vysvítá nový pohled na vlastní proces klíčení, vzniká nová teorie, lépe vysvětlující postup rozlušťování a rovněž vzniká i nový názor na význam embrya i aleuronové vrstvy:

Enzymy difundující štítkem z embrya rozlušťují endosperm štítku přilehlý. Do hřbetní části endospermu difundují z embrya dialyzovatelné menší molekuly giberelinu, aktivují aleuronovou

vrstvu [7], která začne produkovat enzymy a ty atakují, rozluštějí přilehlý endosperm. Hřbetní endosperm je tedy zpracováván enzymy, jež se vytvářejí ve značném množství v aleuronové vrstvě a nikoli enzymy scutelárními, z embrya. Enzymy difundující štítkem neprostupují endospermem a současně je vysvětlen i postup rozlušťování, které podle původní teorie, probíhalo v protisměru předpokládané difuze, přívodu enzymů endospermem z embrya.

Současný názor na význam embrya při klíčení je, že embryo produkuje enzymy, které štěpí přilehlý endosperm, hlavní jeho poslání však spočívá v produkci gibberelinů, které aktivují aleuronovou vrstvu. Převážný podíl endospermu je tedy štěpen, rozluštěn enzymy této vrstvy. Nový je i názor na aleuronovou vrstvu, která je živou tkání a není součástí mrtvého endospermu.

Vcelku platí, že enzymatická činnost sladu závisí na schopnosti embrya produkovat gibbereliny. S tím souvisí i skutečnost, že velikost zrn není směrodatná pro posouzení jejich rozluštělnosti.

Přednostní štěpení hřbetní části endospermu bylo podle původní teorie vysvětlováno přijímáním vody při máčení sladů, totiž tak, že voda, která vniká nejrychleji do spodní části zrn a difunduje k povrchu obilky oplodím a osemením, přivádí aktivní enzymy do okrajových částí zrn, a proto rozlušťování postupuje „od pluchy k zárodku“.

Tolik o rozdílnosti posledních a dřívějších názorů o rozlušťování ječných zrn, kterou současní zahraniční pracovníci — vzhledem k její převratnosti — označili za „drastickou“ [4].

Pro mechanismus působení kyseliny gibberelové aplikované při klíčení vyplynulo, že jde vlastně o zvýšení hladiny látek typu gibberelinů v ječných zrnech, čili že jde o exogenní aplikaci přirozeně se vyskytujícího rostlinného hormonu.

K celému — snad jako extrém a současně i potvrzení výsledků popsanych prací — lze uvést, že

aplikací kyseliny gibberelové na ječná zrna zbavená mechanicky embryí, byl vyroben plnohodnotný pivovarský slad. Aleuronová vrstva zrn ovšem zůstala zachována. Sladovací ztráty byly nepatrné, kořínky nenarůstaly a ztráty respirací byly minimální.

Enzymový komplex sladu zůstává stále předmětem současného světového výzkumu. Jde zejména o poznání vlivu subepidermálních hub, mikroorganismů, jejichž výskyt byl zjištěn prakticky pod pluchami všech obilnin [8, 9]. U ječmenů se např. zjistilo, že houby zasahují svými hyfami do aleuronové vrstvy a byla již provedena zjištění která svědčí o tom, že na subepidermálních houbách závisí do značné míry jak vlastní tvorba i složení enzymového komplexu ječných zrn, tak i tvorba samotné aleuronové vrstvy. Subepidermální houby využívají některých látek ječných zrn a mají svou důležitost pro klíčení při výrobě zeleného sladu. Od poznání a využití činnosti těchto hub lze očekávat jednak přínos k pochopení změn ve vlastnostech jednotlivých ročníků ječmene, jednak usměrnění průběhu posklizňového dozrávání i rozluštění zeleného sladu.

Lze věřit, že dokonalejším poznáním naznačené problematiky se podaří lépe — ekonomičtěji — zvládnout jak dnes již známé biochemické pochody, probíhající při výrobě sladu a piva, tak i pochody, které jsou doposud jen málo známé nebo zcela neznámé.

Literatura

- [1] Kolektiv: Technologie sladu a piva I. SNTL Praha, 1954.
- [2] Radley M.: Chem. and Industry 877 (1959).
- [3] Krekule J., Ulmann J.: Přehled zahraniční zemědělské literatury 8, 10 (1959).
- [4] Briggs D. E.: Journ. Inst. Brew. 69, 13 (1963); 69, 246 (1963).
- [5] Yomo H.: loc. cit. 4.
- [6] Briggs D. E.: Journ. Inst. Brew. 68, 470 (1962).
- [7] MacLeod A. M., Miller A. S.: Journ. Inst. Brew. 68, 322 (1962).
- [8] Davidson R. S. a spol.: Phytopathology 9, 41 (1951).
- [9] Virgil Greene Lilly a sp.: Physiology of the fungi London 1951.

Došlo do redakce 28. 7. 1964.

НОВЫЕ ВЗГЛЯДЫ НА ПРОРАЩИВАНИЕ ЯЧМЕНЯ

В статье приводятся новые взгляды на значение эмбриона и алейронового слоя в процессе проращивания ячменя. Эмбрион выделяет вещества типа гибберелинов, которые диффундируют в эндосперм и влияют на образование энзимов в алейроновом слое. Главным источником энзимов является алейроновый слой, а не эмбрион. Алейроновый слой — живая ткань.

NEUE ANSICHTEN AUF DIE GERSTENKEIMUNG

In dem Artikel werden neue Ansichten auf die Bedeutung des Embryos und der Aleuronschicht bei der Keimung des Gerstenkorns erklärt. Der Embryo erzeugt gibberelinartige Stoffe, die in den Mehlkörper diffundieren und die Enzymenbildung in der Aleuronschicht beeinflussen. Die Hauptquelle der Enzyme ist die Aleuronschicht und nicht der Embryo; die Aleuronschicht ist ein lebendes Gewebe.

NEW LOOK AT THE PROCESSES TAKING PLACE IN BARLEY DURING GERMINATION

The article deals with some new views on roles of embryo and aleurone layer in the germination process of malting barley. The embryo produces substances belonging to the gibberellin group which diffuse into endosperm and bear upon the formation of enzymes in the aleurone layer. The aleurone layer is therefore the main source of enzymes, not embryo. The aleurone layer is a live tissue.