

کاربرد آنزیمها در صنایع غذایی

دکتر فرزانه وهابزاده

استادیار دانشکده مهندسی شیمی و پلیمر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده:

آنزیمها، کاتالیستهای سیستمهای بیولوژیکی محسوب می‌شوند. نقش این پروتئینها در صنعت تهیه مواد غذایی به‌طور اختصار در این مقاله مورد بحث قرار خواهد گرفت.

Enzymes and Their Uses in Food Processing

F. Vahabzadeh, Ph.D.

Chem. Eng. Dept. Amirkabir Univ. of Tech.

ABSTRACT:

Enzymes are biological catalysts. In this article the role and applications of these globular proteins in food processing have been discussed briefly.

مرحله گذران ۴ و حد واسط و کاهش انرژی فعال‌کننده ۵ واکنش، موجب افزایش میزان انجام واکنش مورد نظر می‌گردند. درحالی که تاثیر آنزیمها بر روی میزان انجام یک واکنش است تعادل واکنش از این تاثیر برکنار است و این تسریع در انجام واکنش با عدم تغییر شیمیایی دائمی آنزیمها همراه است.

نکته‌ای که اغلب در مقایسه فعالیت آنزیمها و کاتالیستهای سینتتیک بیان می‌شود فعالیت بودن آنزیمها از دسته دیگر کاتالیستهاست. فعالیت به‌طور معمول به‌صورت عدد برگردان کاتالیست بیان می‌شود، یعنی تعداد ملکولهای ماده مورد عمل در واکنش که با کاتالیست مربوطه در واحد زمان ترکیب می‌گردند. مقایسه نسبی مابین فعالیت این دو دسته کاتالیستها نشان می‌دهد که در درجه حرارت معمول محیطی آنزیمها موجب تسریع بیشتر در انجام واکنش می‌گردند تا کاتالیستهای سینتتیک، درحالی که افزایش درجه حرارت فعالیتگریدن کاتالیستهای معدنی را امکان بیشتری می‌دهد. به عنوان مثال در محدوده ۶ درجه

مقدمه

آنزیمها یا کاتالیستهای سیستمهای بیولوژیکی، بایوکالیستها ۱، انجام واکنشهای گوناگونی را در داخل یک سلول زنده سبب می‌شوند. تاکنون بیش از ۱۵۰۰ آنزیم شناسایی شده است و با توجه به این که اطلاعات ژنتیکی موجود در یک میکروارگانیسم ساده‌ای مانند Escherichia coli مناسب برای کدگذاری حدود ۴۵۰۰-۳۰۰۰ پروتئین مختلف می‌باشد، می‌توان انتظار شناسایی آنزیمهای بیشتر و جدیدتری را در آینده داشت.

مشخصات آنزیمها:

در واکنشهای شیمیایی نقش بایوکالیستها همانند کاتالیستهای سینتتیک ۲، معدنی بوده و با تشکیل یک کمپلکس با ماده مورد عمل ۳

حرارت ۳۷°C- برای trypsin که انزایم هایدرولیزکننده باند های پپتاید می باشد، عدد برگردان در محدوده ۱۰۲-۳×۱۰^۳ گزارش شده در حالی که عدد برگردان برای کاتالیزت معدن V_2O_5 در Cyclohexenedehydrogenation در ۲۵°C حدود ۱۰^۲×۱ گزارش گردیده است .

البته تفاوت های چندی مابین انزایمها و کاتالیزت های سینتتیک وجود دارد از جمله اختصاصی و محدود بودن کار انزایمها در مقایسه با کاتالیزت های معدنی است . در واقع با این که این محدودیت در برخی از انزایمها کمتر مشاهده می شود ولی بسیاری از آنان نسبت به ماده مورد عمل معینی و دریک واکنش مورد نظر نقش خود را اجرا می نمایند . البته این محدود و مشخص بودن کار انزایمها خود نتیجه به هم پیچیدگی در تشکیل ساختمان سه بعدی^۹ آنان بوده که حضور بخش فعال را در انزایمها سبب است .

نقشی که انزایمها در سیستم های مورد نظر دارند تعیین کننده محدودیت کار آنان است چنان که در مقایسه تمایل کمتری است برای مشخص و محدود بودن کار آنزایمی که به منظور شکستن و تجزیه و هایدرولیز نمودن پروتئین ها به کاری رود تا به منظور انجام تبدیلات ایزومری^{۱۰} یک ماده بخصوص . از دیگر تفاوت های مهم مابین انزایمها و کاتالیزت های سینتتیک ، احتیاج انزایمها به یک بخش غیر پروتئینی^{۱۱} عنوان فاکتور همراه^{۱۱} می باشد، فلزات و مواد آلی مختلف از جمله این فاکتورهای همراه بوده که هماهنگی و همراهی این مواد با انزایم مربوطه به منظور فعال نمودن انزایم مورد نظر می باشد . نقش فلزات به یکی از سه مکانیزم زیر قابل ارائه است :

- ۱- فلزات به عنوان بخشی از بخش اصلی و فعال انزایم می باشند .
- ۲- فلزات یک کامپلکس هماهنگ کننده مابین انزایم و ماده مورد عمل در واکنش حاصل می نمایند .
- ۳- اتصال فلزات به انزایم ساختمان سه بعدی انزایم را به صورتی فعال در می آورد . از جمله انزایمهایی که به فاکتور همراه به صورت فلزات احتیاج دارند alpha- amylase (در مورد این انزایم در بخش های بعدی توضیح خواهد شد) است که برای فعالیت و پایداری خویش نیاز به کلسیم دارد . فاکتورهای همراه به صورت ماده آلی تحت عنوان کوانزایم در واکنش های مهمی نقشی قابل توجه دارند از جمله در اکسیداسیون اسیدهای چرب و در ساخته شدن اسیدهای آمینه از نظری مهم کوانزیم ها از فاکتورهای همراه به صورت فلزات متفاوت می باشد . این که کوانزایمها در ضمن انجام برخی واکنش های دیگر و یا جفت شده به واکنش مورد نظر می باید دو مرتبه به وجود آمده و بازسازی گردند . پیشرفت در بخش تکنولوژی انزایم های غیر متحرک^{۱۲} امکان اقتصادی بودن استفاده از این نوع انزایم های همراه با کوانزایم را حاصل خواهد نمود .

البته فعالیت بایوکاتالیزت ها و همچنین کاتالیزت های معدنی در اثر شرکت در واکنش تدریجا "کاهش می یابد . با توجه به این که ساختمان پیچیده انزایم به طرز ساده تر و آسانتری از حالت طبیعی و تنظیم یافته خود خارج می گردد کاهش در فعالیت و سپس غیرفعال گردیدن انزایم ها به کمک پارامترهای مختلف فیزیکی و شیمیایی به سادگی امان پذیر می باشد . در واقع شرایط متعادلی که در سیستم های بیولوژیکی موجود است (از قبیل pH، درجه حرارت و ...) خود از عوامل تعیین کننده در به انجام رسیدن نقش انزایمها در واکنش های شیمیایی محسوب می گردد .

از جمله دیگر نشانه های بخصوص واکنش های انزایمی نحوه کنترل نمودن این واکنشهاست . فعالیت انزایم های چندی به توسط حضور ماده شیمیایی دیگری که اغلب محصول نهایی چند واکنش زنجیره ای به دنبال یکدیگر می باشد متوقف شده و این نحوه عمل خود برای انجام صحیح و عادی واکنش های سلولی امری حیاتی است .

نقش و کاربرد انزایمها در صنایع غذایی

با توجه به این که انزایمها به شش گروه اصلی تقسیم گردیده اند که این گروهها به ترتیب عبارتند از :

- ۱- Oxidoreductases
- ۲- transferases
- ۳- hydrolases
- ۴- lyases
- ۵- isomerases
- ۶- ligases

آنزایم های گروه سه ، یا انزایم های هایدرولیتیک بیشترین تعداد انزایمها را در صنعت تهیه مواد غذایی شامل است . البته تعدادی انزایمها از گروههای یک و پنج (Oxidoreductases ، ۱ ، ۵ ، isomerases) نیز دارای اهمیت فراوان در این صنعت می باشند .

نقش انزایمها در صنایع غذایی را می توان به صورت زیر ارائه نمود :

کاهش در ویسکوزیته ، انجام تبدیلات بیولوژیکی ، تسریع در جدا سازی ، تولید و یا تشدید در طعم و عطر ، بهبود در استخراج ساخته شدن مواد و بهبود و بسط خواص آنها

نقشی که برای انزایمها در فوق اشاره شده است خود نشانگر تعریفی از اصطلاح تکنولوژی حیاتی است^{۱۳} . در واقع استفاده از سیستم های بیولوژیکی (منابع گیاهی ، حیوانی و یا میکروارگانیسم ها) به منظور تولید و یا تغییر مواد و سیستم های دیگر تعریفی از بایوتکنولوژی را ارائه می نماید . استفاده از تعریف جدیدتر ، مهندسی ژنتیک^{۱۴} خود می تواند راهگشا در تولید و ساخته شدن پروتئین ها و مواد دارویی مختلف باشد در حالی که تعریف دیگر بایوتکنولوژی که قدمت بلکه ۸۰۰۰ ساله دارد به صورت اصطلاح به چندان صحیح به کار برده شده تخمیر بیان می گردد . نقش انزایمها در صنایع غذایی در هر دو تعریف بایوتکنولوژی قابل ارائه می باشد .

جدول ۱ استفاده و کاربرد انزایمها را در چند مورد در صنایع غذایی نشان می دهد .

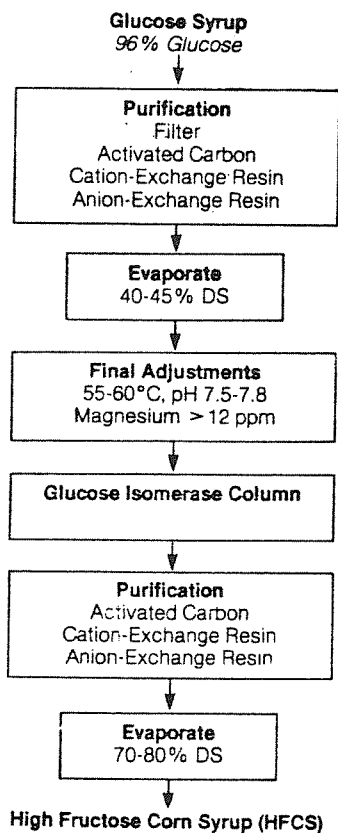
جدول ۱- کاربرد انزایمها در صنایع غذایی

صنعت	کاربرد
لبنیات	تهیه پنیر و تسریع در رسیدگی آن استفاده از آب بنیر حذف مژه و طعم سوختگی از شیری که به طریق U.H.T فرایند شده است .
نشاسته	تهیه شربت با مقادیر قابل توجه فروکتوز تهیه شربت های مالتوز ، دکستروز ، و دکستروز
روغن	تهیه ماده استری دارای طعم و عطر جایگزینی کره کاکائو

* Cheese making and accelerated cheese ripening

**Ultrahigh temperature

***Cocoa – butter substitutes



شکل ۲ - تبدیل ایزومری ماده حاصل از فرایند نشان داده شده در شکل ۱ برای تولید HFCS ۱۶

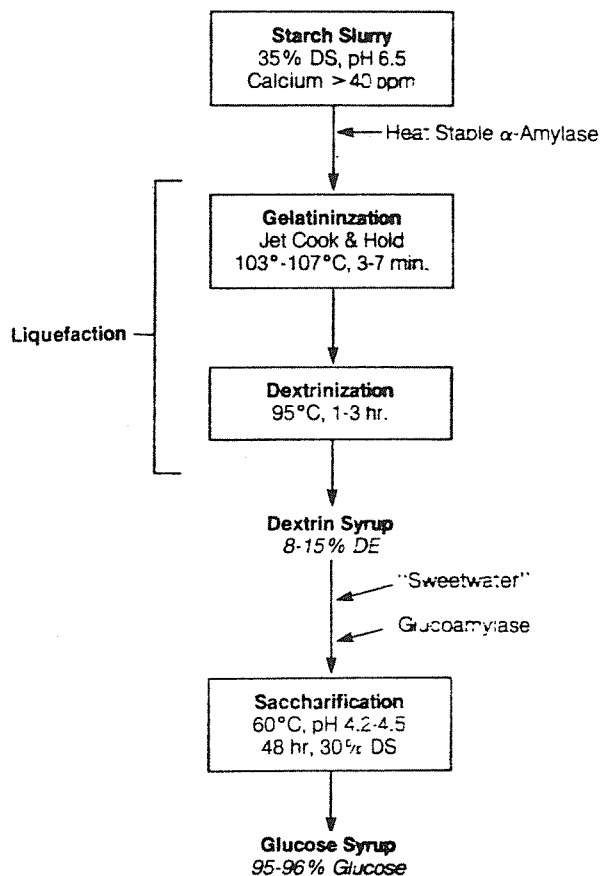
تبدیل عامل‌الدهاید در گلوکز به عامل کیتون در فروکتوز مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته شربت دکستروز قبل از این که در تحت واکنش انزایم نهایی اشاره شده قرار بگیرد بایستی به توسط فیلتراسیون و استفاده از کاربن فعال و ستون‌های تعویض یونی به خلوص مناسب و مربوطه برسند.

استفاده از انزایم‌ها در این فرایند امتیازات چندی بر روش قدیمی‌تر یعنی استفاده از اسید را دارا است. از جمله این امتیازات می‌توان کاهش در محصولات جانبی، کاهش در مقدار خاکستر در محصول نهایی خصوصاً در سطح Cl^- و Na^+ و امکان استفاده از نشاسته‌ای با کیفیت پایین‌تر را در نظر گرفت.

از جمله منابعی که برای جداسازی 2° و تهیه $amylases$ وجود دارند و عمدتاً "در بخش تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توان از گیاهانی مانند جو، ذرت و برنج و همچنین از میکروارگانیسم‌ها مانند *Aspergillus niger* را نام برد.

امروزه استفاده از انزایم‌ها به منظور ساخته شدن مواد از جمله بخش‌های مورد توجه در صنعت مربوط می‌باشد. به عنوان مثال ساخته شدن یک استر از یک اسید آلی و یک الکل را می‌توان در نظر گرفت. استرها مواد بسیار با ارزشی هستند که مصارف مختلفی را دارا می‌باشند از جمله در بخش تهیه مواد عطر و طعم دار و در بخش تهیه امولسیفایرها

از جمله انزایم‌های گروه سمو پنچ (اشاره شده در قبل) که مورد توجه فراوان در صنایع غذایی می‌باشد در تهیه مواد شیرین‌کننده از نشاسته است. در این مورد می‌توان از انزایم‌های $amylases$ و $glucose\ isomerase$ نام برد. در تصویرهای ۱ و ۲ فرایند مربوطه تهیه شربتی با مقادیر قابل توجه فروکتوز از نشاسته مشاهده می‌شود. (High Fructose Corn Syrup HFCS)



شکل ۱ - مایع گردیدن نشاسته و تبدیل آن به قند ۱۵

نشاسته از یک منبع گیاهی بر اثر حرارت دادن و سپس ژلاتینه شدن 17° به صورت مناسب‌تری در تحت اثر انزایم $\alpha - amylase$ قرار می‌گیرد. انزایم مورد اشاره به صورت غیر مرتب 18° زنجیر گلوکز را در اتصالات $\alpha 1,4\ glycosidic$ شکسته و موجب کاهش در ویسکوزیته محلول نشاسته می‌گردد و به دنبال این مرحله انزایم $glucosylase$ برای هایدرولیز نمودن دکستروز حاصله از مرحله پیشین استفاده می‌گردد، این انزایم عمدتاً "بخش غیر احیاء‌کننده انتهای 19° اتصالات $\alpha - 1,4\ glycosidic$ را در زنجیر گلوکز مورد واکنش قرار می‌دهد. به‌طور معمول در بخش پایانی این مرحله داشتن $95-96\%$ دکستروز موزنر می‌باشد. در صورت تمایل به داشتن شربت حاوی فروکتوز، می‌توان مرحله سومی را نیز برای این فرایند در نظر گرفت که در این مرحله انزایم $glucose\ isomerase$ به منظور

بقا و ادامه نقش آنزایم در شرایط بدون آب ۲۱ و کم آب نیز امکان پذیر می باشد. لایه های آبی که برای انجام واکنشها لازمست آنزایم را احاطه نموده است مواد قطبی برخلاف حلال های غیرقطبی موجب کنار راندن این لایه آبی از آنزایم می گردند. حلالیت ماده مورد عمل درواکنش در این گونه حلال های آلی افزایش یافته و یابرعکس ماده مزبور امکان تحرک بیشتری را برای رسیدن به بخش فعال آنزایم می یابد. در این محیط اشاره شده بهبود قابل توجهی در پایداری حرارتی ۲۲ آنزایم درمقایسه با آن در محیط آبی مشاهده می شود.

باتوجه به استر مورد نظر منابع چندی برای جداسازی و تهیه آنزایم lipase وجود دارد از جمله میکروارگانیسم های مورد استفاده می توان

از: *Aspergillus niger*, *Mucor miehei*

نام برد.

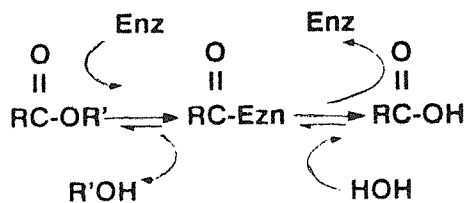
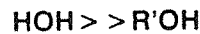
نتیجه:

گوناگونی که در توانایی آنزایم ها در انجام واکنش های مختلفی وجود دارد خود نشانگر احتیاج به بحث عمیق تر و طولانی تر در این مورد است. این مقاله می تواند به منظور آشنائی مختصر بدین مبحث پیچیده و در عین حال جالب که روز به روز در صنایع مختلف و بخصوص در صنعت تهیه مواد غذایی اهمیت بیشتری می یابد گرفته می شود. در این ارتباط توجه خوانندگان را به بخش انتهائی مقاله حامی که توسط Currie در سال ۱۹۱۷ در زمینه تهیه اسید سینریک از *Aspergillus niger* به چاپ رسیده است جلب می نماید:

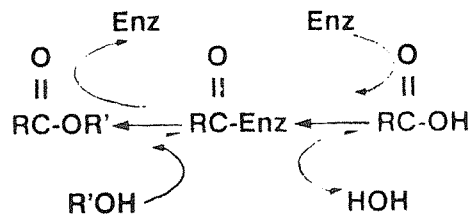
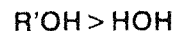
" مشکلات فراوانی که در انجام این تحقیق بر سر راه بوده، و دقت بسیاری که در تنظیم تمامی شرایط برای تولید چنین ماده ای به کار رفته است خود می تواند موجبی برای پایه گذاری اساسی و اصولی در ایجاد و توسعه صنعت شیمیائی نیز باشد. امید نوپسندۀ این است پژوهش حاضر که با چاپ آن عملاً " به ثبت می رسد، بتواند سهم موثر و تعیین کننده خود را ادا نماید و بی توجهی خاصی که در این زمینه علمی وجود دارد، مرتفع سازد."

همان طوری که در تصویر ۳ مشاهده می شود تولید و ساخته شدن در واقع واکنش برگشتی هایدرولیز نمودن آن توسط آنزایم lipase می باشد و با حذف آب از محیط انجام واکنش و جایگزین نمودن آن توسط حلال های آلی غیرقطبی، آنزایم مورد نظر در جهت تشکیل استر واکنش را پیش می برد.

Enzymatic Ester Hydrolysis



Enzymatic Ester Synthesis



شکل ۳- هایدرولیز آنزایمی استرها

پاورقی:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. Biocatalyst | 12. Immobilized enzyme |
| 2. Synthetic catalyst | 13. Biotechnology |
| 3. Substrate | 14. Genetic engineering |
| 4. Transition state | 15. Liquefaction and saccharification of starch |
| 5. Activation energy | 16. Isomerization of Corn Syrup |
| 6. Rate | 17. Gelatinization |
| 7. Turnover number | 18. Randomly |
| 8. Specificity | 19. Nonreducing end |
| 9. Three-dimensional conformation | 20. Isolation |
| 10. Isomerization | 21. Anhydrous |
| 11. Cofactor | 22. Thermostability |

منابع:

- | | |
|--|---|
| 1. Bailey, J.E. and Ollis, D.F. Biochemical Engineering Fundamentals. McGraw - Hill, Inc. (1986) | 4. Knorr, D. Food Biotechnology: its Organization and Potential. Food Technol. 41(4):95 (1987). |
| 2. Boyce, C.O.L.ed. Novo's Handbook of Practical Biotechnology Novo Industri A/S, Bagsvaerd, Denmark (1986). | 5. Klacik, M.A. Enzymes: in Food processing. Chem. Eng. Prog. 84(5):25 (1988). |
| 3. Currie, J.N. The Citric Acid Fermentation of <i>Aspergillus niger</i> . J. Biol. Chem. 31:15 (1917). | 6. Zubay, G. Biochemistry. Addison - Wesley Publishing Co. (1983). |