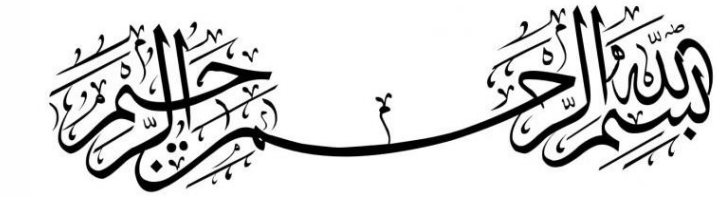
گاهنامه نشریه علمی تخصصی زیست شناسی/ شماره چهارم/
سال دوم / زمستان ۱۴۰۱ / بها رایگان

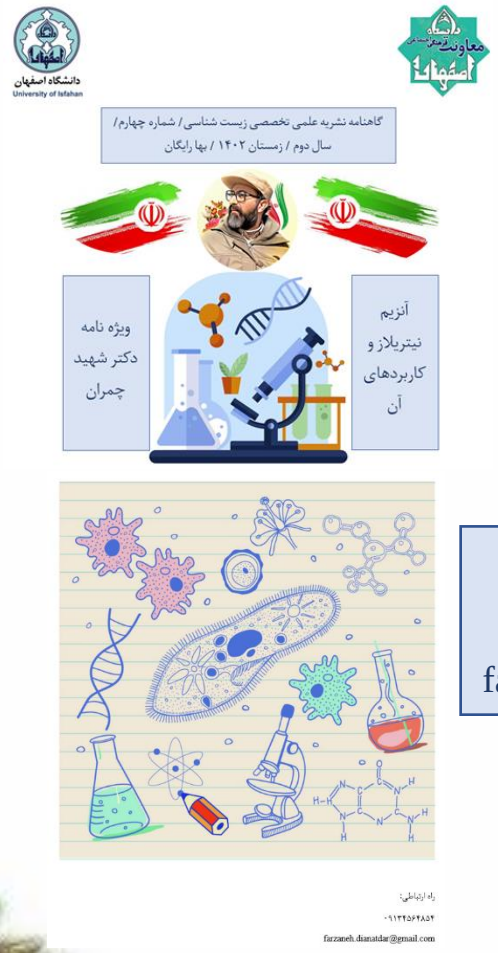
آنزیم نیتریلاز و کاربردهای آن

ویژه نامه دکتر شهید چمران



گاهنامه نشریه علمی تخصصی زیست شناسی

سال دوم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱



صاحب امتیاز

مدیر مسئول

سردبیر

هیئت تحریره

طراح جلد

صفحه آرا

ویراستیار

فرزانه دیانت‌دار

راه ارتباطی:

۰۹۱۳۴۵۶۴۸۵۴

farzaneh.dianatdar@gmail.com

عید باستانی نوروز و ماه مبارک رمضان، ماه مهمانی خدا بر همگی مسلمانان و ایرانیان مبارک باد.

فهرست: صفحه

آنزیم نیتریلاز و کاربردهای آن.....۵

ویژه نامه شهید دکتر چمران.....۱۳

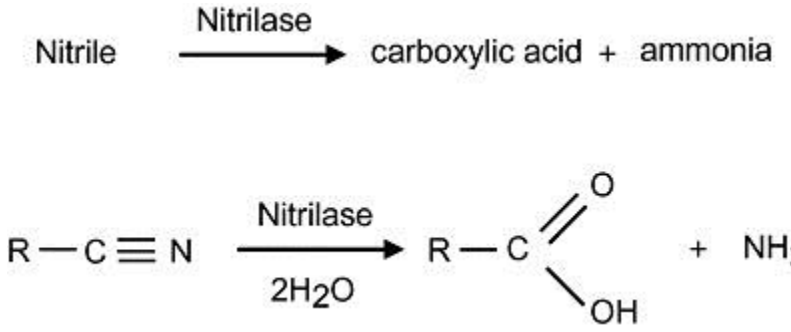
آنزیم نیتریلاز و کاربردهای آن

فرزانه دیانت‌دار

دانشجوی دکتری میکروبیولوژی، دانشکده علوم وفناوری‌های زیستی، دانشگاه اصفهان، ایران.

۱- تعریف آنزیم نیتریلاز

ابرخانواده نیتریلاز، که به آن هیدرولازهای CN-CN نیز گفته می شود، از آنزیم هایی تشکیل شده است که هیدرولیز پیوندهای کربن-نیتروژن غیرپپتیدی را کاتالیز می کنند. اعضای این خانواده بزرگ بر اساس نوع توالی و فعالیت کاتالیزوری به ۱۳ شاخه تقسیم می شوند. این شاخه ها شامل آمیداز آلیفاتیک، آمیداز N- ترمینال ، بیوتینیداز ، شاخه های کاربامیلاز و نیتریلاز و سایر شاخه ها هستند. . این آنزیم ها در گیاهان، باکتری‌ها و قارچ ها شناسایی و مشخص شده اند و همولوگ هایی از آن در ژنوم حیوانات و مخمرها یافت شده اند. این آنزیم ها گروه CN یک ترکیب نیتریل را هیدرولیز می کنند و در نتیجه کربوکسیلیک اسید سنتز و آمونیاک آزاد می شود. واکنش کاتالیز شده توسط نیتریلازها در شکل ۱ نشان داده شده است. شاخه نیتریلاز همچنین حاوی آنزیم های سیانید هیدراتاز و سیانید دی هیدراتاز است. آنزیم های سیانید هیدراتاز ترجیحاً سیانید را به فرمامید هیدرولیز می کنند در حالی که آنزیم های سیانید دی هیدراتاز به طور خاص سیانید را به اسید فرمیک و آمونیاک هیدرولیز می کنند (۱).



شکل ۱) واکنش نیتریلازها: هیدرولیز نیتریل ها به کربوکسیلیک اسید و آمونیاک.

نیتریلازها به عنوان آنزیم های تیول طبقه بندی می شوند. فعالیت آنزیمی ممکن است با حضور ترکیبات متصل شونده با گروه تیول مانند نیترات نقره ($AgNO_3$) و سولفات مس ($CuSO_4$) مهار شود و در حضور عوامل کاهنده تیول مانند دیتیوتریتول فعالیتش افزایش یابد.

سیانولیپیدها[1]، گلیکوزیدهای سیانوژنیک[2] و گلوکوزینولات ها[3] مثال‌هایی از ترکیبات نیتریل است که توسط گیاهان و میکروب‌ها در محیط تولید و آزاد می‌شوند که در محیط بسیار یافت می‌شوند که دلیلی بر وجود زیاد آنزیم نیتریلازها در طبیعت است (۲).

۲- کاربردهای آنزیم نیتریلاز

[1] Cyanolipids
[2] cyanogenic glycosides
[3] glucosinolates

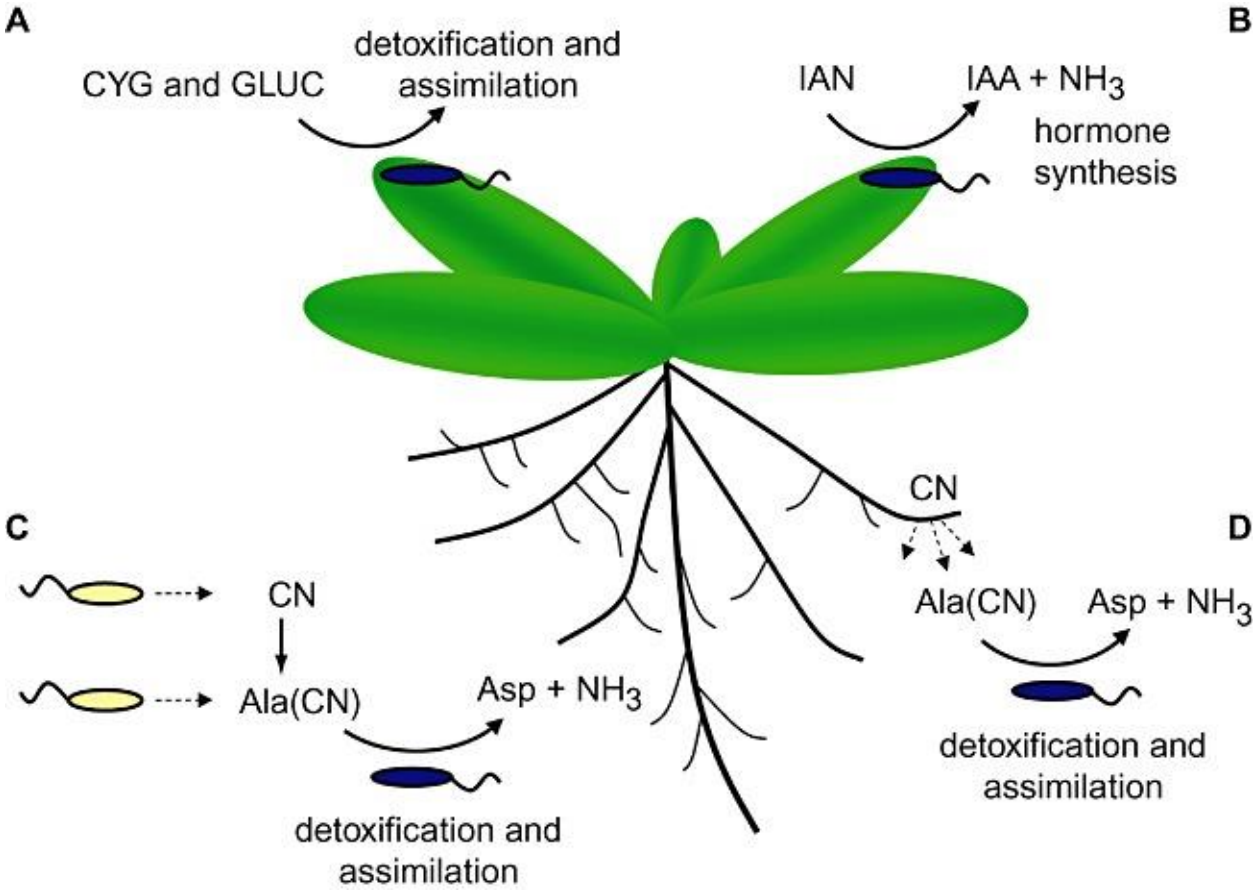
۳-۱- کاربرد آنزیم نیتریلاز در گیاهان

این آنزیم ها به احتمال زیاد در دفاع ، سم زدایی ، استفاده از نیتروژن و سنتز هورمون های گیاهی عملکرد دارند. NIT1، ۲ و ۳ A. thaliana arylacetonitrilases هستند و به احتمال زیاد در هیدرولیز نیتریل های تولید شده در طول سنتز یا تخریب گلیکوزیدهای سیانوژنیک و گلوکوزینولات ها نقش دارند. فنیل پروپیونیتریل و سایر محصولات طبیعی متابولیسم گلوکوزینولات بسترهای ترجیحی برای NIT1، ۲ و ۳ هستند. علاوه بر این، این آنزیم IAN را به IAA هیدرولیز می‌کند، بنابراین آنها را با بیوسنتز اکسین مرتبط می‌کند. NIT4 A. thaliana به گروه دوم نیتریلازهای گیاهی، آنزیم های نوع NIT4 ، تعلق دارد. آنزیم های NIT4 در قلمرو گیاهان گسترده هستند و همانطور که قبلاً ذکر شد، احتمالاً در مسیر سم زدایی از سیانورها مهم هستند (۳).

بسیاری از آنزیم‌های میکروبی نیتریلاز، سیانید هیدراتاز و سیانید دی‌هیدراتاز در محیط‌های آب و خاک آلوده به سیانید یا نیتریل شناسایی شده‌اند و نشان داده شده است که با تجزیه مواد مضر تحمل سیانور و نیتریل در موجودات افزایش می‌دهد. به عنوان مثال، سیانید هیدراتاز تولید شده توسط *Fusarium solani* می تواند سیانید را هیدرولیز کند و این ارگانیسم قادر به تحمل سیانید سمی خواهد بود. این هیدرولیز همچنین ممکن است سبب تولید منبع نیتروژن شده و در نتیجه رشد را افزایش دهد. میکروب‌ها همچنین ممکن است از فعالیت نیتریلاز برای سم زدایی و جذب نیتریلها و سیانید موجود در محیط گیاه استفاده کنند. به عنوان مثال، عامل بیماری زای قارچی گیاه سورگوم به نام *Gloeocercospora sorghi* دارای آنزیم سیانید هیدراتاز است که کمک می‌کند گیاه میزبان سیانوژنیک خود را استعمار کند، زیرا گیاهان سورگوم ترکیب گلیکوزید سیانوژنیک دهورین را در واکوئل سلولهای اپیدرمال برگ ذخیره می کنند که در اثر آسیب بافت، تجزیه شده و باعث آزاد شدن سیانید می شود که تصور می شود به عنوان یک ترکیب دفاعی عمل می کند. Gloeocercospora sorghi می تواند این سیانید را با فعالیت سیانید هیدراتاز تجزیه کند. همچنین نشان داده شده است که آنزیم β -cyano -l -alanine nitrilase تولید شده توسط ریزوباکتریومی به نام *P. fluorescens* SBW25 با تجزیه نیتریل و تولید ایندول استیک اسید به عنوان هورمون رشد گیاهی باعث رشد گیاه شده و این باکتری را قادر به تحمل غلظت های سمی نیتریل می کند (۴).

Alcaligenes faecalis JM3 و *P. fluorescens* EBC191 نیتریل‌های گیاهی که برای مقابله با گیاه‌خواران توسط گیاه تولید می‌شوند، با کمک آنزیم نیتریلاز به نام β-cyano-l-alanine nitrilase تجزیه کرده و به عنوان منبع کربن و نیتروژن برای رشد استفاده کردند.

باکتری ها آریل‌استونیتریل‌ها، مانند IAN را هیدرولیز کرده و اکسین ها را سنتز می‌کنند. توانایی میکروارگانیسم‌ها برای تولید اکسین به طور گسترده ثبت شده است و ممکن است با بیماری‌زایی، همزیستی یا افزایش رشد گیاه ارتباط داشته باشد. نشان داده شده است که ایندول -۳ -استیک اسید مکانیسم های دفاعی گیاه را مهار کرده و رشد و نمو گیاه را تغییر می دهد. به عنوان مثال ، بیوسنتز IAA ناشی از *Agrobacterium tumefaciens* نقش اصلی در شکل گیری تومورهای گیاهی معروف به گال دارد. تولید ایندول ۳ اسید استیک توسط میکروارگانیسم های غیر بیماری زا و بیماری زا نیز ممکن است باعث افزایش طول دیواره سلولی، تشکیل ریشه های جانبی و آزادسازی مواد مغذی از سلول های گیاهی شود که همه این‌ها می تواند تهاجم و استعمار بافت های گیاهی را تسهیل کند. تجزیه و تحلیل توالی ژنوم باکتریهای *Pseudomonas syringae pv. syringae* B728a و *P. syringae pv* DC3000 که برای گیاه گوجه فرنگی بیماری‌زا است حاوی ژن‌های نیتریلاز هستند که شباهت دنباله ای با *P. fluorescens* EBC191 و *Alcaligenes faecalis* JM3 دارند که نشان می دهد آریل‌استونیتریل‌هایی مانند IAN را هیدرولیز می کند (۲, ۵).



شکل ۲) هیدرولیز نیتریل ها در محیط گیاه توسط باکتری های مرتبط با گیاه: (A) هیدرولیز نیتریل های گیاهی که در اثر متابولیسم گلیکوزید سیانوژنیک (CYG) و گلوکوزینولات (GLUC) ایجاد می شود ، به منظور سم زدایی یا جذب. (B) هیدرولیز آریلاستونیتریل ها مانند ایندول - ۳ et استونیتریل (IAN) ، به منظور بیوسنتز ایندول - ۳ - استیک اسید (IAA) ؛ (C) سم زدایی سیانید (CN) و CN) Ala) β -cyano - l - alanine)) که به صورت درون زا یا توسط میکروب های دیگر سنتز می شود ، که منجر به تشکیل اسید آسپارتیک (Asp) و آمونیاک (NH3) می شود. به عنوان منابع کربن و نیتروژن جذب می شود. (D) سم زدایی و جذب CN و Ala (CN) که توسط گیاهان سنتز می شود.

۲-۳- کاربرد نیتریلاز در صنعت

پلیمرها و مواد شیمیایی مختلفی که در صنایع شیمیایی استفاده می شوند از نیتریل های مختلف تولید شده اند و مقادیر زیادی سیانید در صنایع فلزکاری ، داروسازی و صنایع شیمیایی خوب استفاده می شود. نیتریلازهای حاصل از باکتری‌ها برای کاربردهای صنعتی با هدف جایگزینی روشهای شیمیایی معمولی در سنتز کربوکسیلیک اسید یا تخریب نیتریل به دلیل مزایای انتخاب پذیری، شرایط واکنش ملایم، عاری از مواد شیمیایی خطرناک و توسعه پایدار مورد مطالعه قرار گرفته اند (٦).

با کمک نیتریلازها می‌توان کربوکسیلیک‌اسیدهای مهم صنعتی را سنتز کرد که سنتز همین کربوکسیلیک‌اسیدها با روش‌های شیمیایی نیازمند شرایط شدید دما و pH است. به عنوان مثال، نیتریلاز *R. rhodochrous* J1 می تواند ۳ - سیانوپیریدون[4] را به اسید نیکوتینیک[5] (ویتامین مورد استفاده در خوراک دام و پزشکی) هیدرولیز کند (۳, ۷, ۸).

S. no	Enzyme Source	Biocatalyst form	Operational mode	Application	Reference
1a	*Acidovorax facilis* 72W	Whole cells (both *Ac. facilis* and *Escherichia coli* transformant) entrapped in carrageenan		Glycolic acid from glyconitrile	123
b	*Acidovorax facilis* 72W	Whole cells (both *Ac. facilis* and *Es. coli* transformant) entrapped in alginate (cross-linked with glutaraldehyde and polyethyleneimine)	Stirred-tank batch reactor using acetate buffer (pH 7.0) at 30 °C	Xolvone® production	96–98
c	*Acidovorax facilis* 72W	*Es. coli* transformant expressing 72W nitrilase entrapped in alginate (cross-linked with glutaraldehyde and polyethyleneimine)	Stirred-tank batch reactor using water at 30 °C	(*E*)-2-Methyl-2-butenoic acid from (*E,Z*)-2-methyl-2-butenenitrile	99
d	*Acidovorax facilis* 72W	*Es. coli* transformant expressing 72W nitrilase entrapped in alginate	Stirred-tank batch reactor using acetate buffer (pH 7.0) at 30 °C	Production of Gabapentin intermediate	101
2a	*Alcaligenes faecalis* ATCC 8750	Whole cells entrapped in alginate (cross-linked with glutaraldehyde and polyethyleneimine)	Batch mode using Tris buffer (pH 7.5) at 30 °C	Hydrolysis of mandelonitrile to (*R*)-mandelic acid	122
b	*Alcaligenes faecalis* ATCC 8750	Whole cells entrapped in alginate (cross-linked with glutaraldehyde and polyethyleneimine)	Batch mode using Tris buffer (pH 8.0) at 37 °C with water-miscible organic solvents	Hydrolysis of mandelonitrile to (*R*)-mandelic acid	134

[4] 3-cyanopyridone
[5] nicotinic acid

S. no	Enzyme Source	Biocatalyst form	Operational mode	Application	Reference
c	*Alcaligenes faecalis* ATCC 8750	Recombinant nitrilase adsorbed on alumina	Stirred-tank batch reactor using phosphate buffer (pH 7.3) at 30 °C	Production of hydroxy-methionine derivatives	93
d	*Alcaligenes faecalis* ATCC 8750	CLEAs of purified recombinant nitrilase cross-linked with glutaraldehyde and polyethyleneimine	Stirred-tank batch reactor using phosphate buffer (pH 7.5) at 30 °C	Hydrolysis of mandelonitrile to (*R*)-mandelic acid	128
3 a	*Pseudomonas putida* MTCC 5110	Whole cells entrapped in alginate	Stirred-tank batch reactor using Tris buffer (pH 7.0) at 30 °C	Hydrolysis of mandelonitrile to (*R*)-mandelic acid	135
b	*Pseudomonas putida* MTCC 5110	CLEAs of purified recombinant nitrilase	Batch mode using phosphate buffer (pH 7.3) at 37 °C	Hydrolysis of mandelonitrile to (*R*)-mandelic acid	129
4	*Bacillus pallidus* Dac521	Whole cells entrapped in alginate	Batch mode using phosphate buffer (pH 7.0) at 60 °C	Hydrolysis of 3-cyanopyridine to nicotinic acid	136
5 a	*Bacillus pallidus* Dac521	Whole cells entrapped in sol–gel	Batch mode using phosphate buffer (pH 7.2)	Benzonitrile degradation	132
b	*Bacillus pallidus* Dac521	Whole cells entrapped in sol–gel	Batch mode using phosphate buffer (pH 7.2) at 60 °C	Fumaronitrile hydrolysis	137
c	*Bacillus pallidus* Dac521	Whole cells immobilized in polysulfone membranes	Batch mode using phosphate buffer (pH 7.2) at 45 °C	Benzonitrile hydrolysis	138

S. no	Enzyme Source	Biocatalyst form	Operational mode	Application	Reference
6	*Pseudomonas fluorescens* EBC 191	Oxygen resistant CLEAs of purified recombinant nitrilase	Batch mode using phosphate buffer (pH 7.5) at 20 °C	Hydrolysis of mandelonitrile to (*R*)-mandelic acid	130
7	*Streptomyces* sp.	Whole cells entrapped in agar	Batch mode using phosphate buffer (pH 7.4) at 50 °C	Hydrolysis of acrylonitrile to acrylic acid	124
8	*Alcaligenes* sp. ECU0401	Whole cells entrapped in carrageenan (cross-linked with glutaraldehyde and polyethyleneimine)	Batch mode using phosphate buffer (pH 7.5) at 30 °C	Glycolic acid from glyconitrile	139
9	*Fusarium solani* O1	CLEAs of crude nitrilase cross-linked with dextran polyaldehyde	Continuous stirred membrane reactor using Tris buffer (pH 8.0) at 45 °C	Hydrolysis of 4-cyanopyridine isonicotinic acid	131
10	*Arabidopsis thaliana*	Purified recombinant nitrilase immobilized on Eupergit® C resin	Batch mode using phosphate buffer (pH 8.0) at 35 °C	Hydrolysis of various aromatic nitriles	140
	Arabidopsis thaliana	Recombinant nitrilase immobilized on silica nanoparticles	Batch mode using phosphate buffer (pH 7.8) at 30 °C	Hydrolysis of 3-cyanopyridine to nicotinic acid	133
11	*Rhodococcus rhodochrous*	Whole cells immobilized in a bio-electro membrane reactor	Continuous mode using Tris-borate buffer (pH 8.0) at 30 °C	Benzonitrile hydrolysis to benzoic acid	141, 142
12	*Aspergillus niger* K10	Partially purified nitrilase adsorbed on butyl sepharose	Continuous mode using Tris buffer buffer (pH 8.0) at 35 °C	Hydrolysis of cyanopyridine derivatives	143
13	*Bacillus subtilis* ZJB-063	Whole cells entrapped in alginate	Batch mode using phosphate buffer (pH 7.0) at 30 °C	Hydrolysis of *p*-methoxyphenylacetonitrile to *p*-methoxyphenylacetic acid	144

S. no	Enzyme Source	Biocatalyst form	Operational mode	Application	Reference
14	*Acinetobacter* sp. AK226	Whole cells immobilized in an ultrafiltration membrane	Batch reactor with an ultrafiltration membrane device in water (pH controlled at 8.0) at 30 °C	Hydrolysis of ibuprofen nitrile to (*S*)-ibuprofen	145
15	*Alcaligenes* sp. ECU0401	Whole cells entrapped in alginate	Stirred-tank bi-phasic batch reactor using glycine-NaOH buffer (pH 8.0) and toluene at 45 °C	Hydrolysis of mandelonitrile to (*R*)-mandelic acid	146

۲-٤- تصفیه‌زیستی نیتریلاز

نیتریلازها همچنین ممکن است در تصفیه زیستی آب و خاک آلوده به ترکیبات سمی نیتریل استفاده شوند. این ترکیبات از منابع مختلف وارد محیط می شوند. در صنعت، استونیتریل به عنوان حلال و اکریلونیتریل در سنتز پلاستیک استفاده می‌شود. ترکیبات نیتریل مانند بروموکسینیل به عنوان علف کش استفاده می شود و سیانید در ساخت پلاستیک و استخراج فلزات گرانبها استفاده می شود که به عنوان یک محصول جانبی سمی معدن، صنایع فلزی و صنایع شیمیایی آلی به محیط زیست منتقل می شود. سیانید دی هیدراتاز *Pseudomonas stutzeri* (جدا شده از پساب کارخانه آبکاری فلزات) به عنوان مکانیزمی برای حذف سیانید به دلیل خاصیت تخریب سیانور و توانایی این باکتری در تحمل غلظت بالای KCN مورد بررسی قرار گرفته است. نیتریلاز *K. pneumoniae* sp. *ozaenae* مخصوص علف کش بروموکسینیل است (۹).

۳- چالش‌ها و راه‌کارها

با توجه به پتانسیل بالا این آنزیم ولی کاربرد بسیاری کمی از این آنزیم مشاهده می‌شود، زیرا شناسایی و جداسازی این آنزیم بسیار سخت است البته امروزه با کمک تکنیک‌های متاژنومیکس ژن‌های این آنزیم از محیط مستقیما در یک باکتری کلون شده و استفاده می‌شوند. یکی دیگر از دلایل عدم پیشرفت در توسعه کاربردهای تجاری نیتریلازها این است که این آنزیم‌ها اغلب ناپایدار هستند و جداسازی آن‌ها به شکل فعال آنزیمی دشوار است. افزودن عوامل کاهنده مانند دیتیوتریتول و ۲ -مرکاپتو اتانول می تواند از اکسیداسیون باقی مانده های آنزیم تیول که در واکنش هیدرولیز مهم هستند جلوگیری کند ولی می‌توان با کمک سولفات آمونیوم و گلیسرول نیز نیتریلازها را تثبیت کرد، احتمالاً با جلوگیری از تجزیه زیر واحدهای آنزیمی به پایداری این آنزیم‌ها کمک می‌کند. همچنین، دانشمندان از نیتریلازهای جدا شده از موجوداتی استفاده کنند که در شرایط سختی رشد دارند و این آنزیم ها به احتمال زیاد در شرایط سخت پایدارتر هستند. به عنوان مثال، نیتریلاز باکتری ترموفیل *B. pallidus* سویه Dac521 دارای طیف وسیعی از

سوبسترا است و در دماهای بالا بسیار پایدار است، در حالی که نیتریلاز آرکئون هیپرترموفیل *Pyrococcus abyssi* فعالیت کاتالیزوری را در دمای بالا و در طیف وسیعی از pH نشان می‌دهد (۱۰).

منابع:

.۱ Singh R, Sharma R, Tewari N, Rawat DS. Nitrilase and its application as a ‘green’catalyst. Chemistry & Biodiversity. 2006;3(12):1279-87.

.۲ Howden AJ, Jill Harrison C, Preston GM. A conserved mechanism for nitrile metabolism in bacteria and plants. The Plant Journal. 2009;57(2):243-53.

.۳ Nafisi M, Goregaoker S, Botanga CJ, Glawischnig E, Olsen CE, Halkier BA, et al. Arabidopsis cytochrome P450 monooxygenase 71A13 catalyzes the conversion of indole-3-acetaldoxime in camalexin synthesis. The Plant Cell.۵۲-۲۰۳۹:(٦)۱۹;۲۰۰۷ .

.٤ O'Reilly C, Turner P. The nitrilase family of CN hydrolysing enzymes–a comparative study. Journal of applied microbiology. 2003;95(6):1161-74.

.٥ Spaepen S, Vanderleyden J, Remans R. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. FEMS microbiology reviews. 2007;31(4):425-48.

.٦ Sewell B, Berman M, Meyers P, Jandhyala D, Benedik M. The cyanide degrading nitrilase from Pseudomonas stutzeri AK61 is a two-fold symmetric, 14-subunit spiral. Structure. 2003;11(11):1.۲۲-٤۱۳

.۷ Normanly J, Grisafi P, Fink GR, Bartel B. Arabidopsis mutants resistant to the auxin effects of indole-3-acetonitrile are defective in the nitrilase encoded by the NIT1 gene. The Plant Cell. 1997;9(10):1781-90.

.۸ Novo C, Farnaud S, Tata R, Clemente A, Brown PR. Support for a three-dimensional structure predicting a Cys-Glu-Lys catalytic triad for Pseudomonas aeruginosa amidase comes from site-directed mutagenesis and mutations altering substrate specificity. Biochemical Journal. 2002;365(3):73.۸-۱

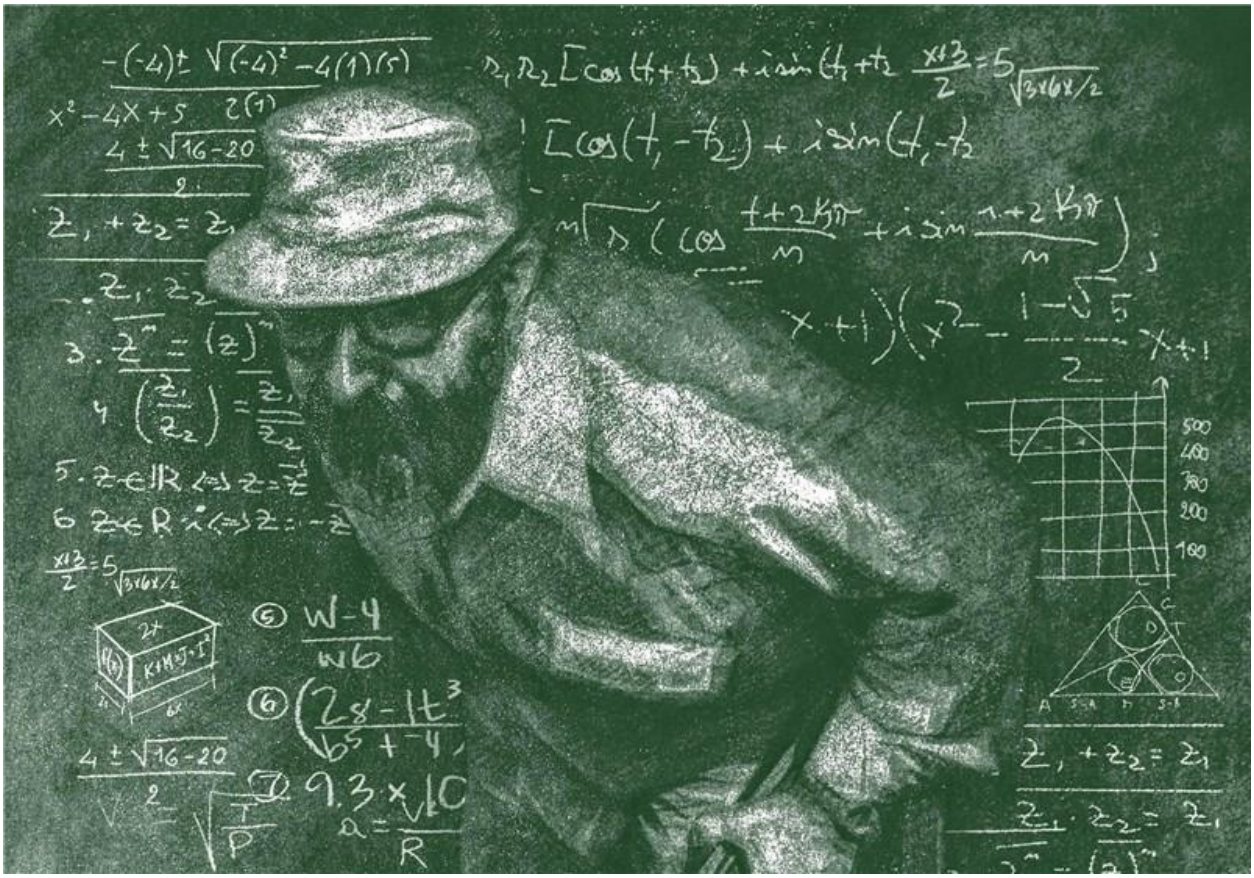
.۹ Banerjee A, Kaul P, Banerjee U. Enhancing the catalytic potential of nitrilase from Pseudomonas putida for stereoselective nitrile hydrolysis. Applied microbiology and biotechnology. 2006;72(1):77-87.

.۱۰ Howden AJ, Preston GM. Nitrilase enzymes and their role in plant–microbe interactions. Microbial biotechnology. 2009;2(4):441-51.

ویژه نامه شهید دکتر چمران

فرزانه دیانت‌دار

دانشجوی دکتری میکروبیولوژی، دانشکده علوم وفناوری‌های زیستی، دانشگاه اصفهان، ایران.



سید مصطفی چمران ساوه‌ای، متولد دهم مهر ماه سال ۱۳۱۱ در محله ۱۵ خرداد بود. حاج حسن چمران، پدر بزرگوار شهید چمران در روستایی نزدیک ساوه زندگی می‌کرد که به تهران مهاجرت کرد.

مصطفی چمران دوران بتدایی و کودکی در مدرسه انتصاریه گذراند. البته نمرات ابتدایی او زیاد خوب نبود، اما با شرکت در جلسات قرآن متوجه شد برای درخشش اسلام، مسلمین باید در تمام حوزه‌های علمی و معنوی بدرخشند، از آن به آن در درس تلاش نمود تا به مدرسه ممتاز البرز راه یافت. او در رشته‌ی ریاضیات به شدت درس می‌خواند و در نهایت رتبه ۱۵ کنکور سراسری به دست آورد و در رشته مهندسی الکترومانیک در دانشکده فنی تهران شروع به تحصیل کرد.

دروس رشته‌ی مهندسی الکترومانیک بسیار سخت بود اما او به خوبی از پس آن‌ها برمی‌آمد در نهایت از طرف دانشگاه تگزاس ای اند ام پذیرش گرفت. او علاقه‌ای به مهاجت به آمریکا نداشت اما به دلیل رسیدن به اهداف و ایده‌هایش به آمریکا رفت. برای گرفتن مدرک دکترا به دانشگاه برکلی کالیفرنیا رفت و در رشته فیزیک پلاسما مشغول به درس خواندن شد و ایده‌های شگفت انگیزی را به اساتید دانشگاه ارائه داد. همین کارنامه درخشان او باعث شد که آزمایشگاه‌هایی مثل جت ناسا و آزمایشگاه بل او را به استخدام خود در بیاورند، آزمایشگاه‌هایی که هر یک از آن‌ها در زمینه تکنولوژی و فناوری بسیار پیشرفته هستند.

قصه‌ی پرماجرای پایان نامه‌ی دکتر چمران کم شنیده شده که الان به آن اشاره می‌کنم: ((در لحظه ارائه مثل همیشه با لباس‌های غیر رسمی و گشاد به صحنه آمد. زمانی که ارائه خودش را به پایان رساند، همه اساتید و حضار به افتخار او بلند شدند و دست زدند.

بعد از این که نشستند، نوبت بخش نمرات شد. اساتید مانده بودند که واقعاً چه نمره ای به او بدهند که حقش باشد. همه در حال فکر کردن بودند که ناگهان یک از اســاتید گفت: تو آنقدر خوب بودی که واقعاً حیف اســت به ۲۰ شــوی، پس من نمره ۲۲ را به شــما می‌دهم!))

خصوصیت‌های شخصیتی مهم شهید دکتر چمران تواضع، مهارت تصمیم گیری مناسب، فروتنی و آزاده خواهی بود. داستانی جالب از دوستان شهید دکتر چمران برایتان نقل می‌کنم: ((وقتی که در دانشگاه تگزاس درس می‌خواند یکی از اساتید گفته بود هر کسی که کروات بزند ۲ نمره می‌گیرد. یعنی امتحان را از ۱۸ حســاب می‌کرد و ۲ نمره برای ظاهر در نظر گرفته بود. همه می‌دانســتند که منظور استاد با چمران بود. اما در روز ارائه چمران مثل همیشه با لباس‌های گشاد و بدون کروات بر سر صحنه حاضر شد. خیلی خوب مطالب خود را ارئه کرد و درنهایت نمره ۱۸ کامل را گرفت.))

متن وصیتنامه شهید دکتر مصطفی چمران:

وصیت می‌کنم ...

وصیت می‌کنم به کسی که او را بیش از حد دوست می‌دارم! به معبود من! به معشوق من! به امام موسی صدر! کسی که او را مظهر علی می‌دانم! او را وارث حسین می‌خوانم! کسی که رمز طایفه شیعه، و افتخار آن، و نماینده هزار و چهار صد سال درد، غم، حرمان، مبارزه، سرسختی، حق طلبی و بالأخره شهادت است! آری به امام موسی وصیت می‌کنم ...

برای مرگ آماده شده‌ام و این امری است طبیعی که مدتهاست با آن آشنا شده‌ام. ولی برای اولین بار وصیت می‌کنم. خوشحالم که در چنین راهی به شـهادت می‌رسـم. خوشـحالم که از عالم و ما فی‌ها بریده‌ام. همه چیز را ترک گفته‌ام. علایق را زیر پا گذاشـته‌ام. قید و بندها را پاره کرده‌ام. دنیا و ما فی‌ها را سه طلاقه گفته‌ام و با آغوش باز به استقبال شهادت می‌روم.

از اینکه به لبنان آمدم و پنج یا شش سال با مشکلاتی سخت دست به گریبان بوده‌ام، متأسف نیستم. از اینکه آمریکا را ترک گفتم، از اینکه دنیای لذات و راحت طلبی را پشت سر گذاشتم، از اینکه دنیای علم را فراموش کردم، از اینکه از همه زیبائی‌ها و خاطره زن عزیز و فرزندان دلبندم گذشـته‌ام، متأسـف نیسـتم ... از آن دنیای مادی و راحت طلبی گذشـتم و به دنیای درد، محرومیت، رنج، شـکسـت، اتهام، فقر و تنهایی قدم گذاشـتم. با محرومیت همنشین شـدم. با دردمندان و شکسـته دلان هم آواز گشـتم. از دنیای سـرمایه داران و ستمگران گذشتم و به عالم محرومین و مظلومین وارد شدم. با تمام این احوال متأسف نیستم ...

تو ای محبوب من، دنیایی جدید به من گشـودی که خدای بزرگ مرا بهتر و بیشـتر آزمایش کند. تو به من مجال دادی تا پروانه شـوم، تا بسـوزم، تا نور برسانم، تا عشـق بورزم، تا قدرتهای بی‌نظیر انسـانی خود را به ظهور برسـانم، از شـرق به غرب و از شـمال تا جنوب لبنان را زیر پا بگذارم و ارزشهای الهی را به همگان عرضه کنم، تا راهی جدید و قوی و الهی بنمایانم، تا مظهر باشم، تا عشـق شوم، تا نور گردم، از وجود خود جدا شوم و در اجتماع حل گردم، تا دیگر خود را نبینم و خود را نخواهم، جز محبوب کسی را نبینم، جز عشـق و فداکاری طریقی نگزینم، تا با مرگ آشنا و دوست گردم و از تمام قید و بندهی مادی آزاد شوم...

تو ای محبوب من رمز طایفه‌ای، و درد و رنج هزار و چهار صد ساله را به دوش می‌کشی، اتهام و تهمت و هجوم و نفرین و ناسزای هزار و چهار صد سال را همچنان تحمل می‌کنی، کینه‌های گذشته و دشمنی‌های تاریخی و حقد و حسدهای جهانسوز را بر جان می‌پذیری، تو فداکاری می‌کنی، تو از همه چیز خود می‌گذری، تو حیات و هستی خود را فدای هدف و اجتماع انسان‌ها می‌کنی، و دشمنانت در عوض دشـنام می‌دهند و خیانت می‌کنند، به تو تهمتهای دروغ می‌زنند و مردم جاهل را بر تو می‌شورانند، و توای امام لحظه‌ای از حق

منحرف نمی‌شوی و عمل به مثل انجام نمی‌دهی و همچون کوه در مقابل طوفان حوادث آرام و مطمئن به سوی حقیقت و کمال و قدم بر می‌داری، از این نظر تو نماینده علی (ع) و وارث حسـ ینی... و من افتخار می‌کنم که در رکابت مبارزه می‌کنم و در راه پر افتخارت شربت شهادت می‌نوشم...

ای محبوب من، آخر تو مرا نشناختی! زیرا حجب و حیا مانع آن بود که من خود را به تو بنمایانم، یا از عشق سخن برانم یا از سوز درونی خود بازگو کنم... اما من، منی که وصیت می‌کنم، منی که تو را دوست می‌دارم... آدم ساده‌ای نیستم! ... من خدای عشق و پرستشم، من نماینده حق و مظهر فداکاری و گذشت و تواضع و فعالیت و مبارزه‌ام، آتشفشان درون من کافیست که هر دنیایی را بسوزاند، آتش عشق من به حدی است که قادر است هر دل سنگی را آب کند، فداکاری من به اندازه‌ای است که کمتر کسی در زندگی به آن درجه رسیده است ... به سه خصلت ممتاز شده‌ام:

۱. عشـــق که از ســـخنم و نگاهم و دســـتم و حرکاتم و حیات و مماتم می‌بارد. در آتش عشـــق می‌ســـوزم و هدف حیات را جز عشـــق نمی‌شناسم. در زندگی جز عشق نمی‌خواهم، و جز به عشق زنده نیستم.

۲. فقر که از قید همه چیز آزاد و بی‌نیازم. و اگر آسمان و زمین را به من ارزانی کنند، تأثیری در من نمی‌کند.

۳. تنهایی که مرا به عرفان اتصال می‌دهد. مرا با محرومیت آشنا می‌کند. کسی که محتاج عشق است، در دنیای تنهایی با محرومیتِ عشق می‌سوزد. جز خدا کسی نمی‌تواند انیس شبهای تار او باشد و جز ستارگان اشکهای او را پاک نخواهند کرد. جز کوههای بلند راز و نیازهای او را نخواهند شنید و جز مرغ سحر ناله‌های صبحگاه او را حس نخواهند کرد. به دنبال انسانی می‌گردد تا او را بپرستد یا به او عشق بورزد. ولی هر چه بیشتر می‌گردد، کمتر می‌یابد ...

کســی که وصـ یت می‌کند آدم ســاده‌ای نیســت. بزرگ‌ترین مقامات علمی را گذرانده، ســردی و گرمی روزگار را چشـ یده، از زیباترین و شدیدترین عشق‌ها برخوردار شده، از درخت لذات زندگی میوه چیده، از هر چه زیبا و دوست داشتنی است برخوردار شده، و در اوج کمال و دارایی همه چیز خود را رها کرده و به خاطر هدفی مقدس، زندگی دردآلود و اشکبار و شهادت را قبول کرده است.

آری ای محبوب من، یک چنین کسی با تو وصیت می‌کند ...

وصیت من درباره مال و منال نیست. زیرا می‌دانی که چیزی ندارم، و آنچه دارم متعلق به تو و حرکت و مؤسسه است. از آنچه به دست من رسیده، به خاطر احتیاجات شخصی چیزی بر نداشته‌ام. جز زندگی درویشانه چیزی نخواسته‌ام. حتی زن و بچه‌ها و پدر و مادر نیز از من چیزی دریافت نکرده‌اند. آنجا که سر تا پای وجودم برای تو و حرکت باشد، معلوم است که مایملک من نیز متعلق به تو است.

وصیت من درباره قرض و دین نیست. مدیون کسی نیستم، در حالی که به دیگران زیاد قرض داده‌ام.

به کسی بدی نکرده‌ام. در زندگی خود جز محبت، فداکاری، تواضع و احترام نبوده‌ام. از این نظر نیز به کسی مدیون نیستم ...

آری وصیت من درباره این چیزها نیست ...

وصیت من درباره عشق و حیات و وظیفه است ...

احساس می‌کنم که آفتاب عمرم به لب بام رسیده است و دیگر فرصتی ندارم که به تو سفارش کنم. وصیت می‌کنم، وقتی که جانم را بر کف دستم گذاشته‌ام، و انتظار دارم هر لحظه با این دنیا وداع کنم و دیگر تو را نبینم....

تو را دوست می‌دارم و این دوستی بابت احتیاج و یا تجارت نیست. در این دنیا به کسی احتیاج ندارم. حتی گاهگاهی از خدای بزرگ نیز احساس بی‌نیازی می‌کنم ... از او چیزی نمی‌طلبم و احساس احتیاج نمی‌کنم. چیزی نمی‌خواهم، گله‌ای نمی‌کنم و آرزوئی ندارم. عشق من به خاطر آن است که تو شایسته عشق و محبتی، و من عشق به تو را قسمتی از عشق به خدا می‌دانم. همچنانکه خدای را می‌پرستم و عشق می‌ورزم، به تو نیز که نماینده او در زمینی عشق می‌ورزم. و این عشق ورزیدن همچون نفس کشیدن برای من طبیعی است ...

عشق هدف حیات و محرک زندگی من است. زیباتر از عشق چیزی ندیده‌ام و بالاتر از عشق چیزی نخواسته‌ام. عشق است که روح مرا به تموج وا می‌دارد، قلب مرا به جوش می‌آورد، استعدادهای نهفته مرا ظاهر می‌کند، مرا از خودخواهی وخودبینی می‌رهاند، دنیای دیگری حس می‌کنم، در عالم وجود محو می‌شوم، احساسی لطیف و قلبی حساس و دیده‌ای زیبابین پیدا می‌کنم. لرزش یک برگ، نور یک ستاره دور، موریانه کوچک، نسیم ملایم سحر، موج دریا، غروب آفتاب، احساس و روح مرا می‌ربایند و از این عالم به دنیای دیگری می‌برند ... این‌ها همه و همه از تجلیات عشق است ...

به خاطر عشق است که فداکاری می‌کنم. به خاطر عشق است که به دنیا با بی‌اعتنایی می‌نگرم و ابعاد دیگری را می‌یابم. به خاطر عشق است که دنیا را زیبا می‌بینم و زیبائی را می‌پرستم. به خاطر عشق است که خدا را حس می‌کنم، او را می‌پرستم و حیات و هستی خود را تقدیمش می‌کنم ...

می‌دانم که در این دنیا به عده زیادی محبت کرده‌ام، حتی عشق ورزیده‌ام، ولی جواب بدی دیده‌ام.

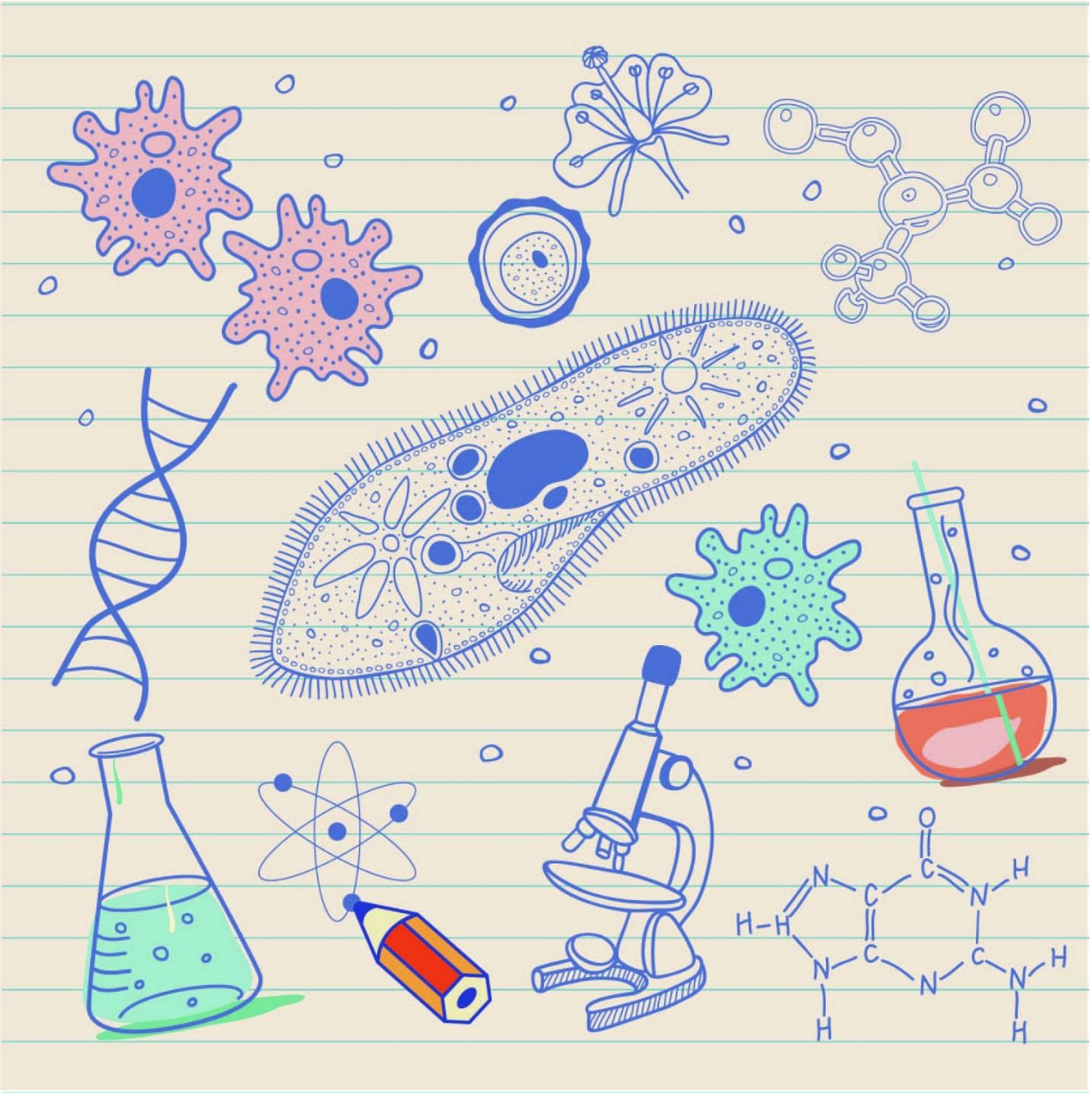
عشق را به ضعف تعبیر می‌کنند و به قول خودشان زرنگی کرده از محبت سوءاستفاده می‌نمایند! اما این بی‌خبران نمی‌دانند که از چه نعمت بزرگی که عشق و محبت است، محرومند. نمی‌دانند که بزرگ‌ترین ابعاد زندگی را درک نکرده‌اند. نمی‌دانند که زرنگی آن‌ها جز افلاس و بدبختی و مذلت چیزی نیست ...

و من قدر خود را بزرگ‌تر از آن می‌دانم که محبت خویش را از کسی دریغ کنم. حتی اگر آن کس محبت مرا درک نکند و به خیال خود سؤاستفاده نماید. من بزرگ‌تر از آنم که به خاطر پاداش محبت کنم، یا در ازاء عشق تمنایی داشته باشم. من در عشق خود می‌سوزم و لذت می‌برم. این لذت بزرگ‌ترین پاداشی است که ممکن است در جواب عشق من به حساب آید ...

می‌دانم که تو هم ای محبوب من، در دریای عشق شنا می‌کنی. انسان‌ها را دوست می‌داری. به همه بی‌دریغ محبت می‌کنی. و چه زیادند آن‌ها که از این محبت سوءاستفاده می‌کنند. حتی تو را به تمسخر می‌گیرند و به خیال خود تو را گول می‌زنند ... تو این‌ها را می‌دانی ولی در روش خود کوچک‌ترین تغییری نمی‌دهی ... زیرا مقام تو بزرگ‌تر از آن است که تحت تأثیر دیگران عشق بورزی و محبت کنی. عشق تو فطری است. همچون آفتاب بر همه جا می‌تابی و همچون باران برچمن و شوره زار می‌باری و تحت تأثیر انعکاس سنگدلان قرار نمی‌گیری ...

درود آتشین من به روح بلند تو باد که از محدوده تنگ و باریک خودبینی و خودخواهی بیرون است و جولانگاهش عظمت آسمان‌ها و اسماء مقدس خداست.

عشق سوزان من فدای عشقت باد، که بزرگ‌ترین و زیباترین مشخصه وجود توست، و ارزنده‌ترین چیزی است که مرا جذب تو کرده است، و مقدس‌ترین خصیصه‌ای است که در میزان الهی به حساب می‌آید ...



راه ارتباطی:

۰۹۱۳۴۵۶۴۸۵۴

farzaneh.dianatdar@gmail.com