

Ácidos Orgânicos:

dos Primórdios da Química Experimental à Sua Presença em Nosso Cotidiano

Antonio Rogério Fiorucci, Márlon Herbert Flora Barbosa Soares, Éder Tadeu Gomes Cavalheiro

Em virtude da inexpressiva contextualização sócio-cultural disponível em livros didáticos do Ensino Médio em relação às substâncias orgânicas e destas, geralmente, serem abordadas somente quanto ao aspecto da nomenclatura das funções orgânicas, o presente trabalho objetiva mostrar a importância dos ácidos orgânicos como substâncias no cotidiano, assim como a relação da descoberta destes ácidos com o próprio desenvolvimento da Química. Assim, este artigo objetiva contribuir com subsídios que auxiliem o professor a atrair a atenção dos alunos em aulas de Ensino Médio.

► ácidos orgânicos, biomoléculas, cotidiano ◀

Recebido em 8/8/01, aceito em 28/2/02

Generalidades

Com exceção do ácido clorídrico presente no suco gástrico, os ácidos mais comuns com os quais convivemos são orgânicos, ou seja, aqueles contendo átomos de carbono. Destes, o maior grupo é o dos *ácidos carboxílicos*, que são os ácidos caracterizados pela presença do grupo funcional (COOH), a *carboxila* (Snyder, 1995).

A presença do grupo COOH confere aos ácidos carboxílicos, entre outras

propriedades, a de serem *ácidos fracos* em meio aquoso e de apresentarem *elevados pontos de ebulição* devido à facilidade com que formam interações intermoleculares do tipo ligações de hidrogênio. Estas propriedades para alguns ácidos carboxílicos são apresentadas na Tabela 1 (Solomons, 1996; Harris, 1999).

Os ácidos carboxílicos têm propriedades organolépticas importantes, tanto que o sabor azedo característico foi o primeiro critério para classificação destes compostos. Os ácidos fórmico (metanóico) e acético (etanóico) têm

cheiro intenso, irritante e paladar azedo. Os ácidos de quatro a oito átomos de carbono têm odores desagradáveis. Neste aspecto, os ácidos caprónico (hexanóico), caprílico (octanóico) e cáprico (decanóico) são os responsáveis pelo odor

pouco social das cabras. Entretanto, em pequenas concentrações, os ácidos carboxílicos são responsáveis por muitas fragrâncias. Os ácidos benzóico, cinâmico (3-fenil-2-propenóico), mirístico (tetradecanóico) e isovalérico (3-metilbutanóico) estão presentes em óleos es-

senciais, que são óleos voláteis, odoríferos, de origem vegetal (Shreve e Brink, 1980).

A grande sensibilidade olfativa dos cães resulta da capacidade em reconhecer os odores de ácidos carboxílicos. Um cão pode diferenciar uma pessoa da outra porque detecta a composição aproximada da mistura de ácidos carboxílicos de baixa massa molar, produtos do metabolismo humano

A grande sensibilidade olfativa dos cães resulta da capacidade em reconhecer os odores de ácidos carboxílicos. Um cão pode diferenciar uma pessoa da outra porque detecta a composição aproximada da mistura de ácidos carboxílicos de baixa massa molar, produtos do metabolismo humano

ácidos na pele é, conseqüentemente, diferente.

Aspectos históricos

A descoberta dos ácidos orgânicos, especialmente os carboxílicos, está intimamente relacionada ao desenvolvimento da química experimental. Neste contexto, Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), um notável químico experimental sueco, desempenhou um papel primordial. Dentre os 15 a 20 mil experimentos atribuídos a ele, estão as descobertas de compostos orgânicos de natureza ácida (ácidos carboxílicos e fenóis), como os ácidos tartárico (2,3-dihidroxibutanodióico), málico (2-hidroxibutanodióico), láctico (2-hidroxipropanóico), oxálico (etanodióico), úrico, gálico (3,4,5-trihidroxibenzóico), cítrico (2-hidroxipropan-1,2,3-tricarboxílico). Scheele fez uso de reações e técnicas que até então estavam intimamente relacionadas com a Química Inorgânica (extrações por solventes, formações de sais, diferenças de solubilidade). Infelizmente, sua contribuição à Química não foi maior porque morreu precocemente aos 44 anos.

Alguns ácidos orgânicos foram descobertos anteriormente aos obtidos por Scheele. Uma atribuição destas descobertas a seus autores é apresentada na Tabela 2.

Em 1843, o químico francês Louis Pasteur, investigando o material cristalino que se depositava nos barris de vinho ("ácido para-tartárico" ou ácido racêmico, do Latim *racemus* que significa uva), usou uma pinça muito fina para separar dois tipos de cristais de formas muito semelhantes, porém imagens especulares um do outro (Lehninger *et al.*, 1995). Estudos posteriores destes cristais revelaram que estes apresentavam características químicas muito semelhantes às do ácido tartárico; contudo um tipo de cristal desviava a luz polarizada para a esquerda e o outro tipo para a direita. Estas evidências permitiram que Pasteur obtivesse a primeira explicação correta para o fenômeno de *isomeria óptica* interpretando que, nestes isômeros, os elementos químicos e as proporções em que se combinam são os mesmos, apenas o arranjo dos átomos é diferente.

Com o desenvolvimento de técnicas para a determinação estrutural de substâncias, foi confirmado, em 1951, por meio de estudos de cristalografia de raios X, que os cristais estudados por Pasteur - as formas dextrógira e levógira do ácido tartárico - são imagens especulares uma da outra. Destes fatos históricos, é possível entender a razão de hoje chamarmos uma mistura de iguais concentrações dos isômeros de forma dextrógira e levógira, que não desvia a luz polarizada, de mistura racêmica.

Alguns ácidos orgânicos do nosso cotidiano

Alguns ácidos orgânicos presentes em nosso dia-a-dia e suas respectivas fórmulas são apresentados na Tabela 3; com exceção dos ácidos úrico e pícrico (2,4,6-trinitrofenol), todos são ácidos carboxílicos.

- *Ácido fórmico* - causa do ardor das picadas de formiga, é o mais simples dos ácidos carboxílicos. Seu nome origina-se da palavra em Latim para formiga, *formica*.

- *Ácido acético* - é o principal ingrediente do vinagre. Seu nome deriva do Latim *acetum*, que significa azedo. Conhecido e usado há tempos pela humanidade, é usado como condimento e conservante de ali-

mentos. A oxidação aeróbica, por bactérias do gênero *Acetobacter*, do álcool a ácido acético diluído (8%) é um processo antigo, que produz o vinagre, uma solução de ácido acético aromatizada, obtida pela fermentação do vinho, da cidra, do malte

ou do álcool diluído (Shreve e Brink, 1980). O ácido acético para uso industrial e em laboratórios é comercializado na forma de ácido acético glacial (~99,5%), assim chamado porque em dias frios se solidifica com aspecto de gelo (P.F. 17 °C).

Tabela 1: Pontos de ebulição, fórmulas moleculares e constantes de dissociação ácida (K_a) de alguns ácidos carboxílicos.

Ácidos monocarboxílicos*			
Nome do ácido	Fórmula molecular	P.E. / °C	K_a^{**}
Fórmico (metanóico)	HCOOH	100,5	$1,80 \times 10^{-4}$
Acético (etanóico)	CH ₃ COOH	118	$1,75 \times 10^{-5}$
Propiônico (propanóico)	CH ₃ CH ₂ COOH	141	$1,34 \times 10^{-5}$
Butírico (butanóico)	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	164	$1,52 \times 10^{-5}$
Valérico (pentanóico)	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH	187	$1,44 \times 10^{-5}$
Capríco (hexanóico)	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	205	-
Caprílico (octanóico)	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH	239	-
Cáprico (decanóico, P.F. 31 °C)	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH	269	-
Ácidos dicarboxílicos*			
Nome do ácido	Fórmula molecular	P.E. / °C	K_a^{**}
Succínico (butanodióico, P.F. 187 °C)	HOOC(CH ₂) ₂ COOH	235	$K_{a1} = 6,2 \times 10^{-5}$ $K_{a2} = 2,3 \times 10^{-6}$
Glutárico (pentanodióico, P.F. 98 °C)	HOOC(CH ₂) ₃ COOH	303	$K_{a1} = 4,6 \times 10^{-5}$ $K_{a2} = 3,7 \times 10^{-6}$
Adípico (hexanodióico, P.F. 153 °C)	HOOC(CH ₂) ₄ COOH	340	$K_{a1} = 3,8 \times 10^{-5}$ $K_{a2} = 3,8 \times 10^{-6}$

*Os ácidos sólidos à temperatura ambiente estão acompanhados de seu ponto de fusão.
*A 25 °C (Harris, 1999).

Tabela 2: Ano de descoberta e/ou isolamento de alguns ácidos orgânicos e seus respectivos "descobridores".

Ácido*	Data da descoberta	Pesquisador	Fonte
Fórmico	1500	H. Brunswigk	Destilação por arraste de vapor de soluções contendo formigas
Benzóico	1556	M. Nostredame	Sublimação da goma do benjoim (resina extraída do "benjoeiro")
Succínico	1600	Oswald Croll	Sublimação do âmbar (resina vegetal fóssil)
Tartárico	1770	C.W. Scheele	Do resíduo de fermentação do vinho
Pícrico	1771	Peter Woulfe	Do tratamento do índigo com ácido nítrico
Oxálico	1760	J.C. Wiegleb	Isolado do trevo azedo (<i>oxalis</i>)
Oxálico	1776	C.W. Scheele	Oxidação do açúcar com ácido nítrico
Lático	1780	C.W. Scheele	Fermentação do leite azedo
Úrico	1780	C. W. Scheele	Dos resíduos da urina
Cítrico	1784	C.W. Scheele	Dos sucos de frutas cítricas
Málico	1785	C.W. Scheele	Extraído do suco de maçã
Gálico	1786	C.W. Scheele	Das nozes da Gala

*Nomes sistemáticos citados no texto.

Tabela 3: Fórmulas moleculares e estruturais de alguns ácidos orgânicos presentes no cotidiano.

Ácido*	Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Ácido*	Fórmula molecular	Fórmula estrutural
Fórmico	CH_2O_2		Úrico	$\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$	
Oxálico	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$		Furóico	$\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_3$	
Acético	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$		Pírico	$\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$	
Glicólico	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$		Sórbico	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2$	
Propiônico	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$		Lático	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	
Maleico	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$		Cítrico	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	
Fumárico	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$		Benzóico	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	
Succínico	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$		Salicílico	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$	
Málico	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$		Gálico	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$	
D-Tartárico	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$		Trans-cinâmico	$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_2$	
L-Tartárico	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$		Acetilsalicílico	$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$	
Butírico	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$		Mirístico	$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
Isovalérico	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$				

*Nomes sistemáticos citados no texto.

- **Ácido acetilsalicílico** - conhecido como aspirina e empregado como anti-pirético e analgésico, é produzido concomitantemente com o ácido acético, pela reação de esterificação do ácido salicílico (2-hidróxibenzóico) com o anidrido acético (Shreve e Brink, 1980). O nome ácido salicílico deriva do Latim e designa a árvore do salgueiro, *salix*. Os médicos da Grécia Antiga conheciam as propriedades antipiréticas e reductoras da febre, da casca desta árvore. Em 1829, o químico francês Henri Leroux isolou da casca do salgueiro, o composto ativo na forma pura, a salicina, que é uma molécula estruturalmente semelhante à aspirina (Snyder, 1995).

Os ácidos orgânicos são amplamente usados na indústria de alimentos como aditivos, agentes de processamento e conservantes

- **Ácido cítrico** - é o responsável pela acidez de frutas cítricas. Para emprego industrial, o ácido cítrico é fabricado pela fermentação aeróbica do açúcar bruto (sacarose) ou açúcar de milho (dextrose) por uma casta especial de *Aspergillus niger*. Seu maior emprego é como acidulante em bebidas carbonatadas e alimentos. No campo médico, é empregado na fabricação de citratos e de sais efervescentes (Shreve e Brink, 1980).

- **Ácido oxálico** - é um ácido dicarboxílico tóxico e presente em plantas, como espinafre e azedinhas. Embora a ingestão de ácido oxálico puro seja fatal, seu teor na maioria das plantas comestíveis é muito baixo para apresentar um risco sério (Snyder, 1995). É um bom removedor de manchas e ferrugem, sendo usado em várias preparações comerciais de limpeza. Além disso, a grande maioria dos cálculos renais são constituídos pelo oxalato de cálcio monohidratado, um sal de baixa solubilidade derivado deste ácido. Seu nome (do Latim *oxalis*) resulta do seu primeiro isolamento do trevo azedo (*Oxalis acetosella*).

- **Ácido propiônico (propanóico)** - é o responsável pelo cheiro característico do queijo suíço (Snyder, 1995). Durante o período principal de maturação deste tipo de queijo, *Propionibacterium shermanii* e microorganismos similares, convertem ácido láctico e lactatos aos ácidos propiônico e acético e a dióxido de carbono. O gás CO₂ gerado é responsável pela formação dos "buracos"

característicos do queijo suíço.

- **Ácido butírico (butanóico)** - seu nome deriva do Latim *butyrum* que significa

manteiga; fornece um odor peculiar à rancidez da manteiga. É usado na síntese de aromas, em fármacos e em agentes emulsificantes (Parker, 1997).

- **Ácido láctico** - é produzido por meio da fermentação bacteriana da lactose, açúcar do leite, pelo *Streptococcus lactis*. Fabricado industrialmente pela fermentação controlada de hexoses de melaço, milho e leite, é

empregado na neutralização da cal, no curtimento de couros, e na indústria alimentícia, como acidulante. O ácido láctico também é produzido em nosso próprio corpo. Por exemplo, quando metabolizamos glicose pela atividade muscular anaeróbica, o ácido láctico é gerado nos músculos e, então, decomposto (oxidado totalmente) a CO₂ e H₂O (Lehninger *et al.*, 1995). Com o exercício intenso, o ácido láctico é formado mais rapidamente do que pode ser eliminado. Esta acumulação transiente do ácido láctico causa sensação de cansaço e de dor muscular.

- **Ácido sórbico (2,4-hexadienóico)** - é encontrado em muitas plantas, e empregado como fungicida, conservante em alimentos e na manufatura de plásticos e lubrificantes (Parker, 1997).

- **Ácido valérico (ácido pentanóico)** - é o responsável pelo aroma do queijo *Roquefort*. Foi isolado pela primeira vez da

raiz de uma valeriana (do Latim *valere*).

- **Ácido adípico (hexanodióico)** - é um ácido dicarboxílico. Seu nome vem do Latim *adipem*, que significa "uma gordura", e reflete a observação de que o ácido adípico é uma das substâncias formadas quando gorduras são oxidadas com ácido nítrico. Sua importância industrial está relacionada com a descoberta do *nylon*, um polímero de con-

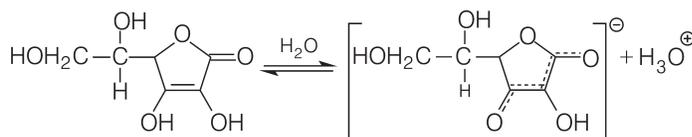


Figura 1: Primeira ionização do ácido ascórbico.

densação, por Wallace H. Carothers e seus colaboradores, pesquisadores da empresa americana Du Pont. Eles descobriram que pela reação de polimerização de uma mistura do ácido adípico e 1,6-diaminohexano poderiam produzir o *nylon* (Snyder, 1995; Shreve e Brink, 1980).

- **Ácido ascórbico** - conhecido como vitamina C, tem seu nome químico representando duas de suas propriedades: uma química e outra biológica. Em relação à primeira, é um ácido, embora este não pertença claramente à classe dos ácidos carboxílicos. Sua natureza ácida em solução aquosa deriva da ionização de uma hidroxila de um dos grupos enólicos (pK_a = 4,25), como mostrado na Figura 1 (Davies *et al.*, 1991). Adicionalmente, a palavra *ascórbico* representa seu valor biológico na proteção contra a doença *escorbuto*, do Latim *scorbutus* (Lehninger *et al.*, 1995).

Ácidos carboxílicos na indústria

Os ácidos orgânicos são amplamente usados na indústria de alimentos como aditivos. Como agentes de processamento, são adicionados para controlar a alcalinidade de muitos produtos

podendo agir como tampões ou simplesmente como agentes neutralizantes. Como conservantes, podem atuar desde agentes antimicrobiais até antioxidantes. Exemplos de ácidos carboxílicos como aditivos em alimentos

são apresentados na Tabela 4.

Na indústria de cosméticos, alguns ácidos carboxílicos têm sido usados como constituintes da composição de cremes de rejuvenescimento facial. Embora utilizados há centenas de anos como agentes hidratantes e refrescantes da pele, os alfa-hidroxiácidos passaram recentemente a ser empregados no tratamento contra acne, pele

fotoenvelhecida, pigmentação e rugas finas. Este grupo de ácidos, em especial o ácido glicólico (2-hidróxi-tanóico), age como esfoliante da pele, promovendo sua escamação superficial e ativando mecanismos biológicos

que estimulam a renovação e o crescimento celular.

Antonio Rogério Fiorucci, licenciado/bacharel em Química e mestre em Química Analítica pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), é doutorando

na área de Química Analítica na UFSCar. **Márlon Herbert Flora Barbosa Soares**, licenciado em Química pela Universidade Federal de Uberlândia e mestre em Química pela UFSCar, é doutorando em Química na UFSCar. **Éder Tadeu Gomes Cavalheiro**, licenciado e bacharel em Química pela FFCLRP/USP-Ribeirão Preto, é professor no DQ da UFSCar.

Tabela 4: Aplicações de alguns ácidos carboxílicos e seus sais na indústria alimentícia.

Aditivo	Função	Ação	Alimentos
Propionato de sódio ou cálcio	Conservante	Propionato de cálcio: previne o crescimento do mofo em pães. Propionato de sódio: usado em tortas e bolos, pois o cálcio altera a ação de fermentos químicos	Pães, tortas e bolos
Ácido cítrico/citrato de sódio	Acidulante, aromatizante, agente quelante	Ácido cítrico: usado como ácido forte, um aromatizante cítrico, e como antioxidante. Citrato de sódio: um constituinte de tampão que controla acidez de gelatina, geléia, sorvetes, balas e outros alimentos	Sorvetes, sucos de frutas, balas, bebidas carbonatadas, fritas (batatas)
Ácido fumárico	Acidulante	Sólido à temperatura ambiente, barato, altamente ácido, é uma fonte ideal de acidez em gêneros alimentícios secos	Bebidas energéticas, pudins, gelatinas, tortas
Ácido láctico	Regulador de acidez	Inibe a deterioração de azeitonas espanholas, controla a acidez em queijos industrializados. Confere sabor picante a sobremesas congeladas, bebidas carbonatadas e aromatizadas com aromas de frutas, etc.	Azeitonas espanholas, queijos, sobremesas congeladas e bebidas carbonatadas
Benzoato de sódio	Conservante	Indústrias o têm usado por mais de 70 anos para prevenir o crescimento de microorganismos em alimentos ácidos	Sucos de fruta, bebidas carbonatadas e conservas
Ácido sórbico/sorbato de potássio	Antimofo	Ocorre naturalmente em plantas e em alimentos, previne o mofo	Queijo, bolos, vinhos, frutas desidratadas, xaropes e geléias
Ácido ascórbico	Antioxidante, estabilizante	Previne a perda de cor e sabor por reagir com o "indesejável" oxigênio em alimentos; também evita a formação de nitrosaminas, que se formam do nitrito de sódio usado com inibidor de crescimento de microorganismos	Carnes, sucos e alimentos enriquecidos
Tartarato ácido de potássio	Acidulante	Ingrediente ácido de fermentos em pó e controlador de acidez	Fermentos em pó, massas assadas

Referências bibliográficas

DAVIES, M.B.; AUSTIN, J. e PARTRIDGE, D.A. *Vitamin C: in chemistry and biochemistry*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1991. p. 33-35.

PARKER, S.P. (ed.). *Dictionary of chemistry*. Ed. internacional. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1997. p. 59, 363.

HARRIS, D.C. *Quantitative chemical analysis*. 5ª ed. Nova Iorque: W. H. Freeman, 1999. Appendix G (acid dissociation constants), p. ap15-ap26.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L. e COX, M.M. *Princípios de Bioquímica*. 2ª ed. Trad. A.A. Simões e W.R.N. Lodi. São Paulo: Sarvier, 1995. p. 46-47, 307, 323, 555-556.

SHREVE, R.N. e BRINK Jr., J.A. *Indústria de processos químicos*. 4ª ed. Trad. H. Macedo. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980. p. 242, 400, 483-484, 544, 689.

SNYDER, C.H. *The extraordinary chemistry of ordinary things*. 2ª ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1995. p. 242-245, 574-575.

SOLOMONS, T.W.G. *Química Orgânica* 2. 6ª

ed. Trad. H. Macedo. Rio de Janeiro, LTC, 1996. p. 91-96.

Para saber mais

Sobre a descoberta e isolamento dos ácidos orgânicos

MAAR, J.H. *Pequena história da Química - Primeira parte - Dos primórdios a Lavoisier*. Florianópolis: Papa-Livro, 1999. p. 211, 236, 243, 540, 553, 567, 581-585, 687-688.

Sobre nomenclatura de moléculas orgânicas

RODRIGUES, J.A.R. Recomendações da IUPAC para a nomenclatura de moléculas orgânicas. *Química Nova na Escola*, n. 13, p. 22-28, 2001.

Na internet

- Um artigo sobre a história da aspirina é apresentado no sítio: <http://cras.simpleweb.com.br/pharmanet/geralart.htm>.

- Informações sobre a composição e as causas da formação dos cálculos renais são descritas nos sítios:

<http://www.kappasistemas.com/>
<http://www.lithocentro.com.br/trabalho.htm>
http://www.dietanet.hpg.com.br/calculo_renal.htm

- Explicações sobre o modo de atuação dos alfa-hidroxiácidos em tratamentos dermatológicos estão presentes nos sítios:

<http://www.boasaude.com/lib/ShowDoc.cfm?LibDocID=3723&ReturnCatID=666>
<http://www.deborahsollection.com/antiaging/>

- Uma descrição da função e da ação de várias substâncias, entre as quais os ácidos carboxílicos, como aditivos alimentares é descrita no sítio:

<http://www.foodsafety.ufl.edu/consumer/il/i002.htm>

- Informações sobre a manufatura e processamento de diversos tipos de queijo são fornecidas no sítio do Conselho Nacional de Laticínios (National Dairy Council):

http://www.nationaldairycouncil.org/medcent/newer_knowledge/nkc4.html

Abstract: *Organic Acids: from the Origins of Chemistry to Their Presence in Daily Life* – Due to the very little socio-cultural contextualization available in high-school textbooks concerning organic substances and that these are commonly addressed only on the aspect related to the nomenclature of organic functions, the present paper aims at showing the importance of organic acids as substances present in daily life, as well as the relationship between the discovery of these acids and chemistry development itself. Thus, this paper has the goal of contributing subsidies that help teachers attract the attention of students in high-school classes.

Keywords: organic acids, biomolecules, daily life