

Biodisponibilidade do licopeno

Bioavailability of lycopene

Bettina MORITZ^{1,2}

Vera Lúcia Cardoso TRAMONTE³

RESUMO

Esta revisão procura reunir diversos estudos que avaliam os fatores que influenciam a biodisponibilidade do licopeno, bem como os alimentos fontes e a recomendação de ingestão desse carotenóide. Para tanto, foi realizado um levantamento bibliográfico, mediante consulta às bases de dados Medline (*National Library of Medicine*, USA) e Lilacs (Bireme, Brasil) nas quais foram selecionadas publicações científicas em português e inglês, nos últimos quinze anos, que utilizaram os temas: licopeno, carotenóides e/ou biosponibilidade. O licopeno é um carotenóide sem atividade de pró-vitamina A, mas um potente antioxidante, sendo essa função possivelmente associada à redução do risco da ocorrência do câncer e certas doenças crônicas. Esse nutriente é encontrado em um número limitado de alimentos, e, além disso, o organismo não é capaz de sintetizá-lo; dessa forma, o licopeno é obtido exclusivamente por meio da dieta alimentar. A quantidade sugerida de ingestão de licopeno varia de 4 a 35mg/dia. Estudos mostram que existem vários fatores que podem interferir na biodisponibilidade do licopeno, tais como absorção intestinal, quantidade de licopeno no alimento fonte, formas de apresentação (isômeros e sintéticos), presença da matriz alimentar, presença de outros nutrientes na refeição (como gordura, fibra, outros carotenóides, entre outros), ingestão de drogas, processamento do alimento, além da individualidade biológica e do estado nutricional do indivíduo. Estudos da biodisponibilidade do licopeno têm sido desenvolvidos a partir do tomate e seus produtos, por esse ser a fonte mais comumente consumida. O desenvolvimento do estudo enfatizou a importância da melhor forma de absorção desse nutriente, relevante que é para a prevenção de inúmeras doenças.

Termos de indexação: disponibilidade biológica; licopeno; lycopersicon esculentum.

ABSTRACT

This review collects several papers that evaluated the factors that influence the bioavailability of lycopene, as well as the food sources of this nutrient and the recommendation for ingestion of this carotenoid. To achieve the objectives of the study, a bibliographic research of the last fifteen years was made by access to the Medline (National Library of Medicine, USA) and Lilacs (Bireme, Brazil) databases, in english and portuguese, using as

¹ Departamento de Nutrição, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Universitário, s/n., Trindade, 88036-000, Florianópolis, SC, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: B. MORITZ. E-mail: <bettina@bettinamoritz.com.br>.

² Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, SC, Brasil.

³ Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, SC, Brasil.

themes lycopene, carotenoids and bioavailability. Lycopene is a carotenoid with no provitamin A activity, but is a strong antioxidant agent, being such function possibly responsible for contribution for the reduction the risks of developing cancer and other chronic disease. This nutrient is found in a limited number of foods, and yet, the organism is unable to synthesize it, it is obtained exclusively from the diet. Lycopene ingestion suggest amount varies from 4 to 35mg/day. Studies demonstrate that there are many factors that can interfere in lycopene bioavailability, such as intestinal absorption; amount of lycopene in the source food; its presentation (isomers and synthetics); the presence of food matrix; presence of other nutrients in the meal (fat, fiber, other carotenoids, among others); use of drugs; food processing; besides the biological individuality and nutritional state of the individual. Studies about lycopene bioavailability have been developed over tomato and its products, most times, because that is the most frequently consumed. Study development emphasized the importance of the better way of absorption of this nutrient, being this relevant to the prevention of various diseases.

Indexing terms: biological availability; lycopene; *lycopersicon esculentum*.

INTRODUÇÃO

O licopeno é um dos 600 pigmentos carotenóides encontrados na natureza e um dos 25 encontrados no plasma e tecidos humanos. Caracterizado por uma estrutura simétrica e acíclica, é constituído somente por átomos de carbono e hidrogênio, contendo 11 ligações duplas conjugadas e 2 ligações não conjugadas^{1,2}. Sua estrutura é responsável pela coloração vermelho-alaranjada de frutas e vegetais nas quais está presente³. Esse pigmento carotenóide não tem atividade de pró-vitamina A, mas tem um efeito protetor direto contra radicais livres^{4,5}, sendo considerado um potente antioxidante protetor da camada celular por reação com os radicais peróxidos e com o oxigênio molecular, principalmente^{6,7}.

O licopeno está presente no plasma e tecidos humanos com grande variação na sua distribuição. A presença de carotenóides nos tecidos humanos é relatada desde 1990; sabe-se que esses carotenóides e seus metabólitos estão presentes no soro ou acumulados em tecidos, como: fígado, pulmão, mama, coluna cervical e na pele. Entre os carotenóides, o licopeno é um dos mais abundantes no corpo humano, sendo sua alta concentração devida, principalmente, ao consumo de alimentos fontes¹.

O organismo humano não é capaz de sintetizar carotenóides, dessa forma eles são obtidos exclusivamente por meio da dieta alimentar. O licopeno pode ser encontrado em

um número limitado de alimentos; o tomate e seus derivados são as melhores contribuições dietéticas, mas são boas fontes desse elemento também o mamão, a goiaba vermelha, a pitanga e a melancia^{3,7}.

Vários estudos vêm demonstrando uma relação inversa entre o consumo de alimentos fontes de licopeno e risco de câncer, doenças cardiovasculares e outras doenças crônicas^{1,9-12}. A maioria das investigações tem sugerido os efeitos das dietas ricas em licopeno na contribuição da redução dos riscos da ocorrência de câncer de esôfago, gástrico, próstata, pulmão, e benefícios para câncer de pâncreas, cólon, reto, cavidade oral, seio e cervical^{4,13-15}.

Assim, esta revisão traz uma melhor compreensão dos benefícios potenciais dos carotenóides, bem como dos fatores que determinam a sua biodisponibilidade.

Biodisponibilidade do licopeno

A biodisponibilidade dos constituintes do alimento é um processo complexo, que envolve a digestão, a captação intestinal e sua absorção, distribuição para os tecidos e sua utilização por eles^{3,16-19}.

Existem vários fatores que podem interferir na biodisponibilidade dos carotenóides, como: matriz alimentar; forma isomérica do licopeno; quantidade e tipo de gordura dietética; processo de absorção; interações entre os carotenóides;

presença de fibra alimentar e processamento de alimentos fontes³.

A biodisponibilidade do licopeno parece estar relacionada às formas isoméricas apresentadas, sendo o calor responsável pela modificação da sua forma isomérica. A absorção de licopeno parece ser maior em produtos que utilizam tomates cozidos, e influenciada pela quantidade de gordura da refeição. Além disso, algumas fibras, como a pectina, podem reduzir a absorção de licopeno devido ao aumento da viscosidade⁸. Alguns carotenóides também podem afetar a biodisponibilidade do licopeno, como, por exemplo, a luteína obtida do vegetal e o betacaroteno, pois ocorre uma competição durante a absorção intestinal do licopeno³.

Absorção do licopeno

O processo de absorção ocorre de forma passiva, ou seja, sem gasto de energia, mas pouco se sabe sobre o aproveitamento do licopeno no interior da mucosa. Estudos sugerem que o licopeno seja transportado entre as células por proteínas específicas ou migre agregado a gotas lipídicas. No enterócito, o licopeno não é transformado em vitamina A, como ocorre com outros carotenóides, mas metabólitos oxidativos do licopeno têm sido encontrados no soro humano, embora pouco se saiba sobre os locais e mecanismos envolvidos em sua formação. O licopeno sai do enterócito carregado por quilomícrons que, pela ação da enzima lipase lipoprotéica, vão sendo retirados e absorvidos de forma passiva por vários tecidos, incluindo os adrenais, renais, adiposos, esplênicos, dos pulmões e dos órgãos reprodutivos. Esses carotenóides podem se acumular no fígado ou ser envolvidos pela lipoproteína de muita baixa densidade (VLDL) e levados novamente ao sangue¹⁸.

Quantidade de licopeno nos alimentos fontes

A quantidade de licopeno nas frutas e vegetais varia de acordo com a estação do ano,

estágio de maturação, variedade, efeito climático e geográfico, local de plantio, manejo pós-colheita e do armazenamento; em geral, quanto mais avermelhado for o alimento, maior será sua concentração de licopeno. As maiores concentrações de licopeno estão, em geral, nas cascas dos alimentos fontes, quando comparadas à polpa dos mesmos frutos, sendo sua maior concentração em alimentos produzidos em regiões de climas quentes²⁰⁻²².

A América Latina possui uma ampla variedade de alimentos com altas concentrações de diferentes carotenóides, sendo o licopeno o carotenóide predominante no mamão papaia, goiaba vermelha e pitanga. O cultivo modifica as quantidades de licopeno, sendo apresentadas principalmente pelas diferenças climáticas e geográficas; no mamão Tailândia, cultivado na Bahia, há o dobro ($40 \pm 6 \mu\text{g/g}$) da concentração de licopeno, quando comparado ao mamão cultivado em São Paulo, reforçando, assim, as variabilidades climáticas apresentadas pelo carotenóide. Dosagens mais altas foram encontradas na pitanga da espécie *Eugenia uniflora* cultivada em Pernambuco, que apresentou $73 \pm 1 \mu\text{g/g}$, e, as menores dosagens foram registradas no mamão Formosa cultivado em São Paulo ($19 \pm 4 \mu\text{g/g}$)²¹.

De acordo com Bramley³, 85% do licopeno consumido vêm do tomate ou de seus derivados. As concentrações de licopeno nos tomates também apresentam grande variação, principalmente no que diz respeito à coloração, maturação, local de plantio e clima. Estudos recentes têm demonstrado diferentes resultados para a análise de uma mesma variedade de tomates (*Lycopersicon esculentum*). Segundo Giovannucci¹³, o tomate maduro contém maior quantidade de licopeno do que de betacaroteno, sendo responsável pela cor vermelha predominante. As cores das espécies de tomate variam entre o amarelo e o vermelho alaranjado, devido à razão licopeno/betacaroteno da fruta.

Rodriguez-Amaya²¹, quando analisou o fruto cultivado em São Paulo, observou a presença

de $31 \pm 20 \mu\text{g/g}$ de produto fresco, enquanto Rêgo et al.²³ verificaram a presença de $105,7 \mu\text{g/g}$ no fruto de coloração vermelha e $0,7 \mu\text{g/g}$ na variedade de coloração amarela. No que diz respeito ao clima, parece ocorrer no verão ($13,6 \pm 0,25 \text{mg}/100\text{g}$ de licopeno) a maior produção de licopeno nesse fruto, quando comparada ao inverno ($0,85 \pm 0,05 \text{mg/g}$) ou primavera ($1,10 \pm 0,07 \text{mg/g}$)⁴. Quanto ao processamento dos alimentos fontes, segundo Gartner²⁴, a ingestão de molho de tomate cozido em óleo resultou em um aumento de duas a três vezes da concentração sérica de licopeno um dia após a sua ingestão, mas nenhuma alteração foi observada quando foi administrado o suco de tomate fresco.

Altas concentrações de licopeno são encontradas nos produtos comerciais de tomates, como molhos, polpa, purê, extratos, massa, suco e ketchup. Essas concentrações também dependem do tomate utilizado e da produção de sua matéria-prima²¹.

O licopeno está presente principalmente no tecido do pericarpo de tomates, localizado no compartimento celular dos cloroplastos, nos quais cristais são associados à sua estrutura da membrana²⁵.

Contudo, não há ainda uma quantidade específica, mínima ou máxima, prescrita de licopeno que seja considerada segura para ingestão²⁶. Segundo Rao & Shen⁶, um consumo entre 5mg e 10mg de licopeno por dia é suficiente para a obtenção dos benefícios desse nutriente. Outros autores^{27,28} sugerem a ingestão de 4mg/dia de carotenóides, não excedendo 10mg/dia. Já para Rao e Agarwal¹¹, o consumo médio desse antioxidante deveria ser de 35mg/dia. Ressalta-se que essas dosagens são sugeridas para a população sadia. Rao & Shen⁶ sugerem que a necessidade desse antioxidante esteja aumentada em algumas doenças, sendo necessário um estudo detalhado para determinar sua quantidade e seus efeitos. Há discórdia no que diz respeito às recomendações nutricionais de ingestão de licopeno; dessa forma, necessita-se de mais estudos para que essa recomendação atenda as necessidades humanas.

Diferentes formas de apresentação do licopeno

A estrutura e a propriedade física e química do licopeno presente nos alimentos irão determinar o seu aproveitamento pelo organismo²⁰. A biodisponibilidade do licopeno parece, também, estar relacionada às formas isoméricas apresentadas. Conforme já dito, apesar de o licopeno estar presente nos alimentos, em sua maioria, na forma de trans-isômero (80% a 97%), parecem ser os cis-isômeros a forma mais encontrada e a mais bem absorvida no corpo humano, devido ao seu comprimento reduzido e sua melhor solubilidade nas micelas. O pH ácido do estômago parece contribuir, em pequena parte, na transformação de *all-trans* para cis-isômeros de licopeno. Além disso, tem-se sugerido que isômeros lineares *all-trans* podem, prontamente, agregar-se dentro do intestino e formar cristais, reduzindo grandemente sua absorção pelas micelas. Essa melhor biodisponibilidade da forma cis-isômeros é demonstrada no estudo realizado por Boileau et al.¹⁹, que compararam a biodisponibilidade do licopeno nas diferentes formas isoméricas *in vivo*. Nesse estudo, furões (*Mustela putorius furo*) receberam alimentação enriquecida com 5,0% (40mg/kg) de licopeno, sendo $9,0 \pm 2,8\%$ desse na forma de cis-licopeno, e verificou-se maior biodisponibilidade do cis-licopeno, o que leva os autores a sugerirem que essa forma isomérica seja preferencialmente incorporada aos quilomícrons. Os mesmos estudiosos testaram a biodisponibilidade do licopeno *in vitro* e também observaram sua melhor biodisponibilidade na forma cis-isômeros.

O licopeno sintético parece ser equivalente ao licopeno natural em relação à sua biodisponibilidade, com semelhante conteúdo isomérico^{2,29}. Isso é observado no estudo realizado por Hoppe et al.³⁰, no qual o licopeno sintético não apresentou modificação na biodisponibilidade, quando comparado ao licopeno natural. Nesse estudo, os autores suplementaram por 28 dias 3 diferentes grupos (com 12 indivíduos) com licopeno sintético (15mg), licopeno natural (15mg) ou placebo. A

dose administrada resultou no aumento de duas a três vezes mais licopeno no soro, quando comparado ao grupo-placebo. O aumento na quantidade de licopeno foi similar para os grupos suplementados com licopeno sintético e natural, e significativamente menor para o grupo placebo, independentemente do sexo.

Outro estudo realizado por Pateau et al.³¹ verificou a biodisponibilidade do licopeno no suco de tomate, comparado a licopeno em resina oleosa, licopeno em cápsula e placebo. Foi utilizada uma dosagem de 70 a 75mg de licopeno em dois dias de suplementação. Foram testados 15 voluntários (9 mulheres e 7 homens de 33-61 anos) durante 4 semanas, sendo os tratamentos intercalados por um período de 6 semanas. Não houve diferença estatisticamente significativa na concentração plasmática de licopeno após o tratamento com suco de tomate, tomate em óleo ou comprimido de licopeno. Ainda, observou-se que a quantidade de fitoflueno e fitoeno aumentou com os três tratamentos à base de licopeno.

Foi também desenvolvida uma formulação a partir de licopeno alimentar associado à proteína do soro do leite, com objetivo que esse fosse biodisponível em humanos. Essa formulação, denominada lactolicopeno, foi testada em 33 indivíduos saudáveis (13 homens e 20 mulheres), divididos em três grupos de tratamento. Após uma privação de três semanas de licopeno dietético, os indivíduos ingeriram 25mg de licopeno por dia, por oito semanas, sob a forma de lactolicopeno, massa de tomate ou um placebo de proteínas do soro. Não houve diferença estatisticamente significativa nas concentrações de licopeno nos grupos suplementados com lactolicopeno ou massa de tomate. Embora o licopeno estivesse presente principalmente como um isômero *all-trans* (>90%) em ambos os suplementos de licopeno, o enriquecimento de licopeno plasmático consistiu de 40% com *all-trans* e 60% como *cis*-isômeros. O precursor do licopeno, fitoflueno, foi mais bem absorvido do que o licopeno em si. As formulações de lactolicopeno e de pasta de tomate exibiram

biodisponibilidade de licopeno similar no plasma e nas células da mucosa bucal em humanos²⁵.

Matriz alimentar

A matriz na qual o licopeno é encontrado nos alimentos pode ser um fator de interferência na sua disponibilidade, sendo a liberação do licopeno dessa matriz o primeiro passo para a sua absorção. A localização intracelular, em adição ao fato da matriz celular ser intacta, pode interferir na biodisponibilidade dos carotenóides em frutas e verduras¹⁶.

O processamento de alimentos tem demonstrado aumentar a biodisponibilidade de licopeno, devido à liberação da matriz do alimento. Com isso, molho de tomate e purê de tomate são tidos como melhores fontes biodisponíveis de licopeno do que as demais fontes de alimentos não cozidos, tais como o tomate cru¹⁸.

Böhm & Bitsch³² testaram a biodisponibilidade do licopeno presente em diferentes matrizes alimentares em 22 mulheres não-fumantes, divididas em três grupos e submetidas à ingestão diária de 5mg de licopeno por seis semanas. O grupo 1 recebeu licopeno oleaginoso (lic-o-mat) em cápsulas; o grupo 2 recebeu uma quantidade análoga de tomate cru e o grupo 3, suco de tomate. Foi verificado que a suplementação com 5mg de licopeno teve absorção semelhante para o licopeno administrado em cápsula oleaginosa e em suco de tomate. Já no grupo suplementado com tomate cru, não se observou diferença estatisticamente significativa na biodisponibilidade, quando comparado aos outros grupos, sendo essa menor absorção devida à presença da matriz alimentar, que diminui a biodisponibilidade do licopeno.

Allen et al.³³, estudando o consumo de produtos do tomate em lactantes, verificaram que o consumo de 50mg de licopeno, por meio do molho de tomate, distribuídos em três dias, foi mais efetivo no aumento das concentrações de licopeno no leite materno, o que pode ser um fator dietético protetor para a saúde da criança.

A gordura dietética parece influenciar na absorção do licopeno²². Para que o carotenóide seja absorvido, é necessário que ele seja incorporado às micelas, e a formação delas é dependente da presença de gordura no intestino. Assim sendo, a ingestão de gordura juntamente com o carotenóide, é considerada crucial para que haja estímulo da produção de bile¹⁶. Além disso, todas as formas de licopeno são regularmente solúveis em água, mas devido à sua estrutura química, é um componente não polar que dissolve muito melhor em óleo³⁴.

A absorção do licopeno pelas células da mucosa intestinal é auxiliada pela formação de micelas de ácidos biliares. Em razão de a produção de bile ser estimulada pela ingestão de gordura dietética, o fato de consumir gordura com uma refeição contendo licopeno aumenta a eficiência da absorção, sendo sugerida a absorção de, no mínimo, 5 a 10 gramas de gordura por refeição para uma melhor absorção. Contudo, a quantidade de gordura necessária depende do carotenóide em questão¹⁸. Por outro lado, van Het Hof et al.¹⁶ referem que a quantidade de gordura necessária para absorção dos carotenóides varia de 3 a 5g por refeição.

O tipo de gordura presente na dieta também pode influenciar na biodisponibilidade do carotenóide. Refeições ricas em triglicérides de cadeia média (TCM) diminuem a biodisponibilidade do carotenóide, devido ao fato de os TCM serem absorvidos via veia porta, diminuindo, assim, a formação de quilomícrons após a refeição. Parece que o consumo de substitutos de gordura diminui os níveis de absorção de carotenóides de 20% a 120%, dependendo do tipo de carotenóide e da quantidade de produto, sendo as maiores diminuições encontradas no licopeno e betacaroteno. Aparentemente esses carotenóides são mais capazes de se incorporar ao substituto do que às micelas¹⁶.

Além disso, drogas responsáveis pela diminuição do colesterol e esteróides de plantas também podem interferir na incorporação do licopeno às micelas, diminuindo potencialmente

a eficiência de absorção. Alguns substitutos de gordura podem criar uma pia hidrofóbica no lúmen do intestino, unindo-se ao licopeno e tornando-o indisponível para a absorção¹⁸.

Presença de fibra nas refeições

Sugere-se que a ingestão de fibras interfira na formação de micelas, levando a uma diminuição na absorção dos carotenóides. Entretanto, os resultados até hoje são contraditórios¹⁶.

Num estudo feito por Rield et al.³⁵, foram investigadas seis mulheres jovens (26 a 29 anos); cada uma recebeu um tipo diferente de fibra, sendo elas: pectina, guar, alginato, celulose, cereal de trigo ou nenhuma fibra, na proporção de 0,15g/kg e um suplemento antioxidante que continha 0,7mg/kg de licopeno, 0,4mg/kg de all-trans-betacaroteno, 0,2mg/kg de cataxantina, 0,4mg/kg de luteína e 1,4mg/kg de alfatocoferol. Observou-se que o consumo de todos os tipos de fibra reduziu significativamente as curvas de resposta plasmática de licopeno e luteína, sendo essa diminuição de 40% a 74%. A suplementação de pectina³⁶ demonstrou uma diminuição na absorção de licopeno em cerca de 40%. Entretanto não houve diferença significativa na absorção de licopeno, quando comparado o consumo de fibras do tipo solúvel e insolúvel.

Segundo Hoffman et al.³⁷, o consumo de fibras (pectina, goma guar ou celulose), na quantidade de 0,15g/kg de peso, parece diminuir as concentrações de antioxidantes nas frações de lipoproteínas. Em conclusão, o resultado do estudo demonstrou que o consumo de uma mistura de carotenóides e alfatocoferol aumentou significativamente as suas concentrações de lipoproteína de baixa densidade (LDL), assim como a sua resistência oxidativa. Uma adição concomitante de fibra dietética na refeição teste produziu uma diminuição insignificante no enriquecimento de carotenóides e alfatocoferol no LDL, junto com uma menor resistência desses LDLs à oxidação.

Processamento de alimentos fontes

Parece que o tratamento térmico e a homogeneização mecânica do tomate aumentam a absorção do licopeno nos tecidos corporais. Mas esse cozimento diminui alguns componentes benéficos, como os flavonóides, vitamina C e vitamina E. Essa melhoria da biodisponibilidade pode ocorrer, à presença de lipídeos na dieta, à isomerização induzida pelo calor formando mais *cis*-isômeros e à presença de outros carotenóides, como o betacaroteno²².

A rotação de qualquer uma das 11 duplas ligações presentes no licopeno permite a formação de alguns isômeros *cis*-geométricos, os quais podem ter implicações relativas à ação biológica desse carotenóide. Parece que o tratamento térmico é responsável pela isomerização que ocorre durante o processo absorptivo, alterando a configuração do licopeno de *trans* para *cis*-isômeros. Apesar disso, essa modificação é considerada pequena, (até 10% do *all-trans*) para o *cis* com o processamento térmico ou desidratação. Está claro que outros processos fisiológicos são responsáveis pela grande diferença da proporção *cis* e *trans* observada em alimentos e tecidos¹⁸.

Interação do licopeno com outros carotenóides

Alguns autores sugerem que é possível que haja uma competição entre os carotenóides na incorporação das micelas, na absorção intestinal, transporte linfático ou em mais de um nível¹⁶. Isso é demonstrado no estudo realizado por Boileau et al.¹⁹, que descobriram, analisando a biodisponibilidade do licopeno *in vitro*, que a incorporação desse carotenóide na micela pode diminuir a relativa capacidade com a qual o betacaroteno é incorporado. Em outro estudo, realizado por Tyssandier et al.³⁸, que avaliaram a interação entre licopeno, betacaroteno e luteína, foi verificado que existe uma competição entre luteína obtida do vegetal, licopeno e betacaroteno no que diz

respeito ao seu aparecimento na fração do quilomícron. Isso sugere que esses carotenóides competem fortemente na absorção intestinal para incorporação em quilomícrons ou ambos. Entretanto, resultados da suplementação no médio prazo demonstraram que ela não tem efeito adverso no estado plasmático dos carotenóides, sugerindo que outros mecanismos, provavelmente, se sobrepõem ao efeito negativo da interação de carotenóides na biodisponibilidade.

Esses resultados vão de encontro aos observados por Johnson et al.³⁹, que observaram uma otimização da absorção do licopeno quando administrado (em iguais dosagens) concomitantemente ao betacaroteno, mas nenhuma interferência na absorção do betacaroteno. Esses autores sugerem que a absorção de licopeno seja diferente dos outros carotenóides, podendo existir caminhos independentes para a absorção de betacaroteno e licopeno no homem. No entanto, evidências sugerem que o betacaroteno tenha mobilizado o caminho de absorção do licopeno, o que permite que o licopeno seja absorvido na mesma extensão que o betacaroteno, quando esses dois carotenóides são administrados juntos. Outro estudo também não observou interferência do licopeno na absorção de outros carotenóides, quando o licopeno foi suplementado em 5mg/dia³².

CONCLUSÃO

Neste artigo foi apresentada uma revisão bibliográfica referente aos fatores que afetam a biodisponibilidade do licopeno, um nutriente sobre o qual inúmeros estudos têm sido realizados nos últimos anos, principalmente por estar fortemente associado à redução do risco do desenvolvimento do câncer, especialmente de próstata, doença que, na atualidade, acomete boa parte da população masculina. Não menos importante, ao licopeno é, igualmente, atribuído um efeito antioxidante, estando, portanto, esse nutriente associado, também, à redução do risco do desenvolvimento de outras doenças crônicas.

Nesse sentido, o desenvolvimento do estudo revela-se importante para alertar a melhor forma de absorção desse nutriente, especialmente no que diz respeito à prescrição dos alimentos ricos em licopeno, pelo profissional da Nutrição, tendo em vista os efeitos protetores acima mencionados, bem como para estimular o aumento do consumo pela população, conquanto se trata de um nutriente encontrado em um número limitado de alimentos.

Portanto, a educação e o incentivo ao consumo de licopeno - especialmente nas formas comercialmente difundidas, de grande aceitação social e de melhor absorção pelo organismo (alimentos processados) -, visando à redução do risco do desenvolvimento de câncer e de doenças crônicas, são tarefas primordiais dos estudiosos desse carotenóide.

Muitos estudos ainda devem ser desenvolvidos para esclarecer, além da recomendação diária necessária desse carotenóide, a biodisponibilidade dos diferentes isômeros de licopeno e as principais funções dos carotenóides, bem como os efeitos do licopeno no sistema imunológico.

REFERÊNCIAS

1. Khachik F, Carvalho L, Bernstein PS, Muir GJ, Zhao DY, Katz NB. Chemistry, distribution, and metabolism of tomato carotenoids and their impact on human health. *Exp Biol Med.* 2002; 227(10):845-51.
2. McClain RM, Bausch J. Summary of safety studies conducted with synthetic lycopene. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2003; 37(2):274-85.
3. Bramley PM. Is lycopene beneficial to human health? *Phytochemistry.* 2000; 54(3):233-6.
4. Lugasi A, Hovarie J, Biro L, Brandt S, Helyes L. Factors influencing lycopene content of foods, and lycopene of Hungarian population. *Nutr Res.* 2003; 23:1035-44.
5. Nunes LI, Mercadante AZ. Obtenção de cristais de licopeno a partir de descarte de tomate. *Cienc Tecnol Aliment.* 2004; 24(3):440-7.
6. Rao AV, Shen H. Effect of low dose lycopene intake on lycopene bioavailability and oxidative stress. *Nutr Res.* 2002; 22:1125-31.
7. Shami NJI, Moreira EAM. Licopeno como agente antioxidante. *Rev Nutr.* 2004; 17(2):227-36.
8. Johnson-Down L. Food habits of Canadians: lutein and lycopene intake in the Canadian population. *JADA.* 2002; 102(7):9988-91.
9. Paiva SAR, Russel RM. beta-carotene and other carotenoids as antioxidants. *J Am Coll Nutr.* 1999; 18(5):426-33.
10. Arab L, Steck S. Lycopene and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr.* 2000; 71(Suppl): 1691S-5S.
11. Rao AV, Agarwal S. Role of oxidant lycopene in cancer and heart disease. *J Am Coll Nutr.* 2000; 19(5):563-9.
12. Nguyen ML, Schwartz SJ. Chemical and biological properties. *Food Technol.* 1999; 53(2):38-45.
13. Giovannucci E. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. *J Natl Cancer Inst.* 1999; 91(4):317-31.
14. Matioli G, Rodriguez-Amaya DB. Microencapsulação do licopeno com ciclodextrinas. *Cienc Tecnol Aliment.* 2003; 23:102-5.
15. Clinton Sk. Lycopene: Chemistry, biology and implications for human health and disease. *Nutr Rev.* 1998; 56(2):32-51.
16. van Het Hof KH, West CE, Weststrate JA, Hautvast JG. Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids. *J Nutr.* 2000; 130(3):503-6.
17. Paetau I, Khachik F, Brown ED, Beecher GR, Kramer TR, Chittams J, et al. Chronic ingestion of lycopene-rich tomato juice or lycopene supplements significantly increases plasma concentrations of lycopene and related tomato carotenoids in humans. *Am J Clin Nutr.* 1998; 68(6):1187-95.
18. Boileau TW, Boileau AM, Erdman Jr JW. Bioavailability of all-trans and cis-isomers of lycopene. *Exp Biol Med.* 2002; 227(10):914-9.
19. Boileau AC, Merchen NR, Wasson K, Atkinson CA, Erdman JW Jr. Cis-lycopene, is more bioavailable than trans-lycopene *in vitro* and *in vivo* in lymph-cannulated ferrets. *J Nutr.* 1999; 129(6): 1176-81.
20. Cozzolino SMF. Biodisponibilidade de nutrientes. In: Fatores que interferem na biodisponibilidade de vitamina A e carotenóides. São Paulo: Manole; 2005. p.229-36.
21. Rodriguez-Amaya DB. Latin American food sources of carotenoids. *Arch Latinoamer Nutr.* 1999; 49(3):74-84S1.
22. Willcox JK, Catignani GL, Lazarus S. Tomatoes and cardiovascular health. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2003; 43(1):1-18.

- 23-Rêgo ER, Finger FL, Casali VW, Cardoso AA. Inheritance of fruit color and pigment changes in a yellow tomato (*Lycopersicon esculentum Mill*) mutant. *Genet Mol Biol.* 1999; 22(1):1-8.
24. Gartner C, Stahl W, Sies H. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *Am J Clin Nutr.* 1997; 66(1):116-22.
- 25; Richelle M, Bortlik K, Liardet S, Hager C, Lambelet P, Baur M, et al. A food-based formulation provides lycopene with the same bioavailability to humans as that from tomato paste. *J Nutr.* 2002; 132(3):404-8.
26. Amaya-Farfan J, Domene SMA, Padovani RM. DRI: síntese comentada das novas propostas sobre recomendações nutricionais para antioxidantes. *Rev Nutr.* 2001; 14(2):71-8.
27. Naves MMV. Beta-caroteno e câncer. *Rev Nutr.* 1998; 11(2):99-115.
28. Ziegler RG, Colavito EA, Hartge P, McAdams MJ, Schoenberg JB, Mason TJ, et al. Importance of alpha-carotene e beta-carotene, and other phytochemicals in the etiology of lung cancer. *J Nat Cancer Inst.* 1996; 88(9):612-5.
29. Mellet W, Deckardt K, Gemhardt C, Schulte S, van Ravenzwaay B, Slesinski R. Thirteen-week oral toxicity study of synthetic lycopene products in rats. *Food Chem Toxicol.* 2002; 40(11):1581-8.
30. Hoppe PP, Kramer K, van den Berg H, Steenge G, van Vliet T. Synthetic and tomato-based lycopene have identical bioavailability in humans. *Eur J Nutr.* 2003; 42(5):272-8.
31. Paetau I, Rao D, Wiley ER, Brown ED, Clevidence BA. Carotenoids in human buccal cells after 4 wk of supplementation with tomato juice or lycopene supplements. *Am J Clin Nutr.* 1999; 70(4):490-4.
32. Böhm V, Bitsch R. Intestinal absorption of lycopene from different matrices and interactions to other carotenoids, the lipid status, and the antioxidant capacity of human plasma. *Eur J Nutr.* 1999; 38(3):118-25.
33. Allen CM, Smith AM, Clinton SK, Schwartz SJ. Tomato consumption increases lycopene isomer concentrations in breast milk and plasma of lactating women. *JADA.* 2002; 102:1257-62.
34. Weisburger JH. Lycopene and tomato products in health promotion. *Exp Biol Med.* 2002; 227(10):924-7.
35. Riedl J, Linseisen J, Hoffmann J, Wolfram G. Some dietary fibers reduce the absorption of carotenoids in women. *J Nutr.* 1999; 129(12):2170-6.
36. Shi J, Maguer ML. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affect by food processing. *Crit Rev Biotech.* 2000; 20(4):293-334.
37. Hoffmann J, Linseisen J, Riedl J, Wolfram G. Dietary fiber reduces the antioxidative effect of a carotenoid and alpha-tocopherol mixture on LDL oxidation ex vivo in humans. *Eur J Nutr.* 1999; 38(6):278-85.
38. Tyssandier V, Cardinault N, Caris-Veyrat C, Amiot MJ, Grolier P, Bouteloup C, et al. Vegetable-borne lutein, lycopene, and beta-carotene compete for incorporation into chylomicrons, with no adverse effect on the medium-term (3-wk) plasma status of carotenoids in humans. *Am J Clin Nutr.* 2002; 75(3):526-34.
39. Johnson EJ, Qin J, Krinsky NI, Russell RM. Ingestion by men of a combined dose of beta-carotene but improves that of lycopene. *J Nutr.* 1997; 127(9):1833-7.

Recebido em: 22/11/2004

Versão final reapresentada em: 27/6/2005

Aprovado em: 22/8/2005