



ANÁLISE MULTIRRESÍDUO DE TOMATE E PRODUTOS DERIVADOS: UMA BREVE REVISÃO

Multiresidue analysis of tomato and derived products: A brief review

Fátima Rafaela S. COSTA^{1*}, João Vitor de Melo FREITAS², Sheyla Maria B. AMARAL³, Maria Larisse P. UCHOA⁴,
Maria Aparecida L. MILHOME⁵

RESUMO: No Brasil a utilização de agrotóxico vem se intensificando a cada ano, tornando-se algo preocupante para população. Resíduos de agrotóxicos podem permanecer no alimento após o processamento, devido a sua resistência e difícil degradação. O tomate é uma hortaliça importante na dieta alimentar, contendo fontes de vitamina A, C, carotenoides e antioxidantes, obtendo papel de proteção do corpo contra câncer e a redução de glicose no sangue. Para expandir os conhecimentos, houve a busca por artigos relacionados a esse estudo, métodos de validação para determinação de resíduos de agrotóxicos em tomate e seus derivados, associados a técnicas cromatográficas (líquidas e gasosas). Inicialmente foram encontrados 528 artigos aptos para inclusão desta revisão, após a leitura na íntegra, restaram somente 15 artigos. Nos últimos dez anos foram conduzidos inúmeros estudos relacionados a validações de métodos na matriz do tomate, incluindo tomates in natura e seus respectivos produtos. A técnica de detecção dos resíduos de agrotóxicos mais utilizada nesse período é a cromatografia acoplada à espectrometria de massas - MS. Apenas três artigos retrataram a determinação de agrotóxicos em produtos processados do tomate. Esta revisão ressalta o quanto é importante a realização de pesquisas voltadas para produtos processados do tomate e reavaliar os valores permitidos para cada legislação, visando a exposição dos consumidores aos níveis mais baixos dos resíduos.

Palavras-chave: GC-MS. LC-MS. método QuEChERS. princípio ativo.

ABSTRACT: In Brazil, the use of pesticides is intensifying each year, becoming something of concern to the population. Pesticide residues can remain in the food after processing, due to its resistance and difficult degradation. Tomato is an important vegetable in the diet, containing sources of vitamin A, C, carotenoids and antioxidants, obtaining the body's role in protecting against cancer and reducing blood glucose. To expand knowledge, there was a search for articles related to this study, validation methods for determining pesticide residues in tomatoes and their derivatives, associated with chromatographic techniques (liquid and gaseous). Initially, 528 articles were found suitable for inclusion in this review, after reading in full, only 15 articles remained. In the last ten years, numerous studies have been conducted related to method validations in the tomato matrix, including fresh tomatoes and their respective products. The pesticide residue detection technique most used in this period is chromatography coupled to mass spectrometry - MS. Only three articles portrayed the determination of pesticides in processed tomato products. This review highlights how important it is to conduct research aimed at processed tomato products and to reassess the values allowed for each legislation, aiming at exposing consumers to the lowest levels of residues.

Key words: GC-MS. LC-MS. QuEChERS method. active principle

Recebido para publicação em 20/04/2021; aprovado em 05/06/2021

^{1*}Autor correspondente: Mestranda em Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Limoeiro do Norte, Rua Estevão Remígio de Freitas, 1145 - Monsenhor Otávio, Limoeiro do Norte - CE, 62930-000. Telefone: (85) 3401-2290. Email: fatimarafeasilva@gmail.com

²Graduando em Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Limoeiro do Norte; vitolmeloofreitas01@gmail.com

³Mestranda em Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Limoeiro do Norte; sheyla.maria.barreto07@aluno.ifce.edu.br

⁴Graduanda em Nutrição, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Limoeiro do Norte; mlpuchoa@gmail.com

⁵Doutora, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Limoeiro do Norte; maria.milhome@ifce.edu.br

INTRODUÇÃO

A preocupação mundial com o uso indiscriminado de agrotóxicos nas lavouras tem aumentado nos últimos anos. O Brasil vem se destacando como o maior consumidor mundial de agrotóxicos desde 2008, tornando-se assim, susceptível a impactos em diversas áreas (PINHEIRO et al., 2016; MILHOME et al., 2009).

Os agrotóxicos podem ser classificados de acordo com tipo de praga e sua ação, tais como inseticidas, usados no controle de insetos, fungicidas para o combate de fungos; herbicidas para ervas daninhas, dentre outros. No mercado nacional, os herbicidas representam 45% do total de comercializados, enquanto os fungicidas respondem por 14%, inseticidas 12% e demais categorias por 29% (ANVISA, 2018).

Alguns agrotóxicos são bastante resistentes, podendo vir a permanecer nos alimentos após o processamento, por serem de difícil degradação. Os níveis desses resíduos, podem ser influenciados por vários fatores como evaporação e co-distilação (branqueamento e fervura), degradação térmica, dissolução, remoção mecânica (descascamento da casca vegetal), hidrólise, fotólise, volatilização e mudanças de peso (DORDEVIĆ et al., 2016).

As lavouras de tomate são altamente vulneráveis aos ataques de pragas, devido a isso, grande quantidade de agrotóxicos são aplicados, com o intuito de garantir a produtividade (PINHO et al., 2012; SALAMZADEH et al., 2018). Além disso, alguns agricultores não seguem os regulamentos de controle de uso de agrotóxicos, ou não são bem orientados e treinados para o tipo adequado, hora ou dose de produto usado na cultura (JALLOW et al. 2017).

Sendo assim, o monitoramento de agrotóxicos nesses alimentos torna-se relevante para garantir o controle de qualidade e à saúde da população, já que algumas autoridades mundiais desempenham o papel de levar aos consumidores a segurança dos alimentos, e com base nos relatórios anuais os tomates frequentemente apresentam resíduos desses contaminantes (GOLGE e KABAK, 2015).

Os tomates são importantes fontes de vitaminas A, C, carotenoides e antioxidantes, que protegem o corpo contra o câncer, reduzindo os níveis de glicose no sangue (HLIHOR et al., 2019). Tomates e produtos derivados podem vir a apresentar resíduos de agrotóxicos sendo necessário o controle e monitoramento com uso de técnicas cromatográficas de alta eficiência (LI, 2018).

MATERIAL E MÉTODOS

Critério de seleção

Os artigos selecionados foram aqueles que abordaram métodos de validação para determinação de resíduos de agrotóxicos em tomate e seus derivados, utilizando técnicas cromatográficas (líquidas ou gasosas). Artigos que abordassem a determinação de resíduos de agrotóxicos em vários alimentos foram excluídos desta revisão.

Para se cumprir com os objetivos desta revisão foram considerados alguns critérios de inclusão e exclusão das publicações. Consequentemente foram analisadas publicações que cumprisse o seguinte critério de inclusão: “Estudos que

abordassem a contaminação de resíduos tóxicos em tomates e/ou derivados de tomate.”

Fontes de informação e estratégia de busca

Pensando em abranger estudos relevantes que pudessem estar inclusos nos resultados da pesquisa, houve a necessidade de assegurar uma boa estratégia de busca. Utilizando combinações variadas facilitou a busca por artigos relacionados com o estudo, através de uma busca sistemática nas bases de dados: PubMed, Science Direct e Capes.

As pesquisas foram realizadas utilizando os termos “Resíduos de agrotóxicos”, “tomate”, “produtos do tomate”, “cromatografia” e suas combinações.

Os estudos foram analisados para determinar a relevância das publicações de acordo com os critérios pré-definidos. Na aplicação do primeiro filtro de seleção, foram avaliados o título e palavras-chaves, no segundo a leitura do abstract de cada publicação, verificando o critério de inclusão e exclusão. No terceiro fez-se a leitura na íntegra dos artigos que passaram pelos dois primeiros filtros.

Em seguida foi realizado o download e extraídos os dados de acordo com cada estudo.

Extração de dados

Inicialmente a extração de dados foi realizada por um autor, posteriormente um segundo autor fez uma comparação independente. A partir dos artigos selecionados foram extraídas informações sobre o autor principal, ano de publicação, país de origem do estudo, técnica cromatográfica utilizada, número de amostras analisadas, número de princípios ativos avaliados no estudo e concentrações encontradas.

Todos os artigos selecionados foram organizados em uma tabela para detalhar os principais resultados de interesse, incluindo quais agrotóxicos e concentrações encontradas nas matrizes estudadas. Posteriormente comparadas com os dados de Limites Máximos de Resíduos – LMRs permitidos pela legislação brasileira, Codex e europeia.

RESULTADOS

Estudos selecionados

Inicialmente foram encontrados 528 artigos com potencial para inclusão desta revisão, porém através dos filtros este número foi reduzido, estes números são descritos no diagrama a seguir na Figura 1.

Após a leitura, e verificação dos objetivos das pesquisas, restaram somente 15 artigos que foram considerados aptos para este trabalho.

Características do estudo

As principais informações dos artigos inclusos nesta revisão estão detalhadas na Tabela 1. Com o intuito de facilitar a discussão dos resultados posteriormente, os artigos estão identificados na tabela por meio de códigos, de A1 a A15.

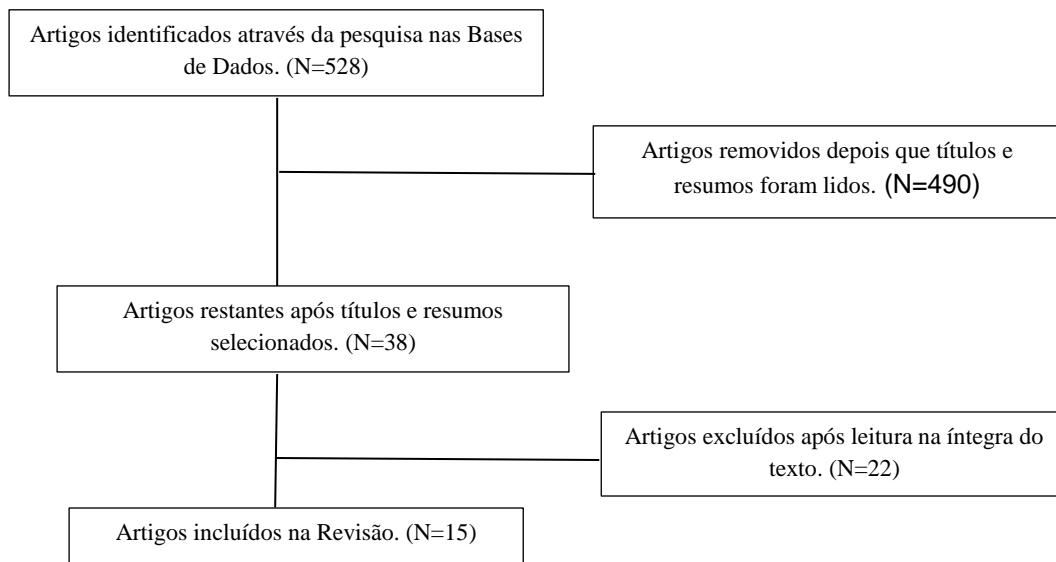
Nos últimos dez anos foram conduzidos diversos estudos relacionados a validações de métodos na matriz do tomate, incluindo tomates in natura e seus respectivos produtos.

A técnica de detecção dos resíduos de agrotóxicos mais utilizada nos estudos desses últimos anos é a Cromatografia acoplada à Espectrometria de Massas - MS, sendo a mesma identificadas em catorze estudos dos quinze citados nesta revisão.

Sobre o método cromatográfico, nove artigos utilizaram cromatografia gasosa – GC, e os demais abordaram a cromatografia líquida – LC, HPLC ou UHLC.

Dos estudos avaliados nos últimos dez anos apenas os artigos A5, A9 e A14 citam a determinação de resíduos nos produtos processados do tomate.

Figura 1. Fluxograma de pesquisa de literatura estratégica.



DISCUSSÃO

A matriz avaliada tem seus respectivos Limites Máximos de Resíduos de acordo com a legislação adotada por cada país. A partir da comparação dos resultados, os LMRs não podem ser utilizados como parâmetro de qualidade para matrizes alimentares, visto que os valores variam em alguns ingredientes ativos.

Para melhor compreensão dos dados, o Quadro 2 fornece informações sobre as legislações estabelecidas pelo Brasil e Europa, além da legislação criada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO).

Observando as diferenças nos valores permitidos pelos órgãos citados no estudo, os LMRs não podem ser utilizados como um parâmetro específico para qualidade da matriz analisada.

A malationa por exemplo, pela legislação brasileira tem um limite bastante superior de 3 mg/kg, já a União Europeia o limite é bem inferior de apenas 0,02 mg/kg de resíduos na matriz. Isso afirma haver desconformidade dos LMRs estabelecidos pelas legislações mundiais, gerando perda de confiabilidade nos produtos.

Dentre muitos artigos encontrados na pesquisa sistemática para este estudo, apenas 15 foram inclusos a partir da seleção. Um número significativamente pequeno comparado a necessidade da busca na qualidade dessa hortaliça na mesa do consumidor.

Esses dados instigam a indispensável busca por mais estudos que salientem as análises frequentes na hortaliça.

Outro ponto relevante a se destacar é a carência de análises em produtos processados derivados da matriz.

Isso porque apenas três artigos retrataram a determinação de pesticidas em produtos processados do tomate.

O estudo relatado por (ZHAO et al., 2014) identificado como A5, desenvolve e valida uma técnica de limpeza rápida e eficiente nas técnicas GC-MS para análises multirresíduos de agrotóxicos em tomates, sucos de tomates e ketchups. Os resultados aprovam a viabilidade do novo método, facilitando a execução de limpeza para testes de rotina e inspeção desses resíduos em produtos de tomate

Quanto ao estudo relatado por (CORRIAS et al., 2020) identificado como A9, determinou e validou um método QuEChERS modificado, analisando 186 ingredientes ativos em tomates crus e os derivados após seu processamento, mostrando-se conveniente e prático para verificação de possíveis resíduos em amostras de mercado.

Dentre as 186 amostras analisadas, 46 apresentaram resíduos de azoxistrobina e clorantraniliprole como os mais representados nas amostras de tomates crus. Já as amostras industrializadas exibiram valores LOD, afirmando que o processamento da matéria prima principal pode estimular a uma redução nos resíduos de agrotóxicos desses commodities agrícolas.

Tabela 1. Características dos artigos inclusos nesta revisão.

ID	Extração de Dados		Método	Nº de amostras	Nº de compostos	Concentrações	Referência
	Ano	Local					
A1	2016	China	LC-MS/MS	2	2	Ciazofamida: 0,037-0,14 mg/kg	Xu et al., 2016
A2	2018	Irã	GC-MS	150	81	NI	Salamzadeh et al., 2018
A3	2013	China	HPLC	3	1	Pirimetanol: 0,45 mg/kg	Liu et al., 2013
A4	2014	Colômbia	GC-MS	3	24	NI	Restrepo et al., 2014
A5	2014	China	GC-MS	3	186	NI	Zhao et al., 2014
A6	2016	China	LC-MS/MS	1	2	NI	Li et al., 2016
A7	2015	Cazaquistão	GC-NPD	82	184	Geral: 0,01-0,88 mg/kg	Lozowicka et al., 2015
A8	2012	EUA	GC-MS	1	9	NI	Al-Taher, et al., 2012
A9	2020	Itália	LC-MS UHPLC-MS/MS	159	116	Azoxistrobina: 0,026 mg/kg Clorantraniliprole: 0,051 mg/kg	Corria et al., 2020
A10	2014	Colômbia	HPLC-MS	400	24	Carbendazim: 0,74 mg/kg	Arias. et al., 2014
A11	2015	Turquia	LC-MS/MS	345	109	Acetamiprida: 0,015-0,37mg/kg Triadimefon: 0,023 - 0,21mg/kg Azoxistrombina: 0,021 - 0,34mg/kg	Golge. e Kabak, 2015
A12	2015	Bolívia	GC-MS	54	11	Heptacloro: >0,063 mg/kg Dimetoato e Malationa: >1 mg/kg	Reiler et al, 2015
A13	2012	Grécia	GC-MS	1	1	ND	Katsoulas et al., 2012
A14	2020	Alemanha	GC-MS e LC-MS	22	412	Cipermetrina: 0,05 mg/kg e Carbendazim: 0,02mg/kg	Abd-Elhaleem, 2020
A15	2012	Marrocos	GC	120	8	0,010 a 0,1 mg/kg para Deltametrina e de 0,003 a 0,112 mg/kg para Endosulfan	Salghi et al., 2012

ND: Não Detectado; NI: Não Identificado.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao analisar a Tabela 2, para a legislação brasileira a azoxistrobina apresentou resíduos acima dos LMRs permitidos para a cultura, ao contrário Europa que estabelece um limite de até 3 mg/Kg.

Da mesma forma o clorantraniliprole que se encontra na amostra com 0,051 mg/Kg, estando acima dos LMRs da ANVISA e abaixo dos estabelecidos pela legislação europeia. O Codex não identifica legislação para estes dois ingredientes ativos citados no artigo A9.

O A14 (ABD-ELHALEEM, 2020) detectou vários resíduos em 27% das amostras analisadas. Dos principais princípios ativos encontrados, a cipermetrina foi o mais

detectado, seguido por carbendazim, estimando a ingestão média diária e os índices de risco àquela população.

Os estudos resultaram que não há risco no consumo de tomate e seus derivados à saúde humana nesta região. Porém, a presença desses resíduos tóxicos em algumas amostras propõe monitoramento na aplicação de agrotóxicos na cultura do tomate.

O trabalho de Xu et al. (2016), identificado como A1, objetivou investigar quatro áreas produtoras de tomate na China, para explorar a dissipação dos resíduos de ciazofamida e seu composto primário (CCIM) no solo e nos frutos.

A metodologia QuEChERS acoplada com cromatografia líquida em tandem espectrometria de massa (LC-MS/MS) foi desenvolvida para a análise de ciazofamida e CCIM, com limites de quantificação de 0,33 e 3,8 µg/kg, respectivamente. A meia-vida da ciazofamida foi de 3,6-6,9 dias no solo e 12,2-18,3 dias no tomate.

Ao avaliar o risco de ingestão desse fungicida pelos consumidores, observaram que os valores eram todos geralmente baixos (0,13-1,3%), concluindo que os mesmos não estão expostos a contaminação, de acordo com os valores toxicológicos de referência.

Salamzadeh et al. (2018) em seu estudo, identificado como A2, desenvolveram um método multirresíduo para

análise de 81 agrotóxicos em tomate usando GC-MS, para detectar e quantificar amostras de tomate coletadas em lojas do Irã, utilizando o método de extração QuEChERS.

Seis resíduos foram encontrados em 31 (20,7%) amostras, sendo que destes, quatro são permitidos para uso no cultivo de tomate no país, esfenvalerato e penconazol não estão registrados.

Dos quatro permitidos, iprodiona e permetrina foram encontrados abaixo dos LMRs estabelecidos no país. Concluíram então que se faz necessária uma maior fiscalização e controle do uso de agrotóxicos na produção de tomate do Irã.

Tabela 2. Limites Máximos de Resíduos de agrotóxicos em tomate de acordo com as legislações brasileira e europeia.

PESTICIDA	LMR (mg/Kg)		
	Brasil (MAPA, 2018)	Europa (CE, 2018)	Codex (FAO, 2018)
Ciazofamida	0,05	0,06	0,2
Pirimetanil	1	1	0,7
Clorpirifós	0,5	N.I	0,7
Procimidona	2	N.I	N.I
Endosulfan	N.A	0,05	0,5
Azoxistrobina	0,5	3	N.I
Clorantraniliprole	0,3	0,6	N.I
Acetamiprida	0,5	0,5	N. I
Triadimefon	N.I	0,01	N.I
Heptacloro	N.I	0,01	N.I
Dimetoato	1	N.I	0,5
Malationa	3	0,02	0,5
Tebuconazol	0,3	0,7	0,9
Deltrametrina	0,03	0,07	0,3
Cipermetrina	0,1	0,5	0,2
Carbendazim	N.I	0,5	0,3

N.I: Não identificado; N.A: Não Autorizado.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O estudo de Liu et al. (2013), identificado como A3, objetivou desenvolver um método analítico de resíduos para detectar pirimetanil em tomates e no solo chinês, e seu nível de dissipação. Utilizaram cromatografia líquida de alta eficiência com detector de arranjo de diodos (HPLC/DAD).

Todos os resultados ficaram muito abaixo dos limites máximos de resíduos disponíveis durante o teste de design experimental e observou-se uma rápida taxa de dissipação nos tomates e no solo.

Como não há valores de referência para o uso desse princípio ativo na China, os autores concluíram que esses dados podem ser utilizados como base para definir um LMR para tomate, sugerindo seu uso razoável e seguro no país.

Restrepo et al. (2014) em seu trabalho, identificado como A4, buscaram validar um método multirresíduo usando QuEChERS e GC-MS para análise de agrotóxicos regulamentados em tomates e outras frutas produzidas em Antioquia, na Colômbia.

De acordo com os resultados obtidos, nenhuma das outras ou amoras apresentaram resíduos de agrotóxicos acima do Limite de Quantificação dos métodos validados. Já para os tomates, três amostras coletadas continham resíduos de agrotóxicos acima do LMR permitido. Concluindo então que

foram encontrados riscos (>1) para os tomates, mas nenhum risco significativo foi encontrado para as outras frutas analisadas.

No estudo de Li et al. (2016), identificado como A6, investigou-se a dissipação e resíduos de carbendazim e diethofencarb em combinação no tomate Chinês, utilizando LC-MS/MS. Os resíduos dos fungicidas analisados foram abaixo dos LMR permitidos na China um dia após a aplicação da combinação. Os resíduos finais foram significativamente mais baixos do que a ingestão máxima permitida para crianças e adultos. Concluíram que as amostras nas condições em que foram avaliadas são seguras para o consumo humano.

Lozowicka et al. (2015) em seu trabalho, identificado como A7, objetivaram avaliar o nível de resíduos de princípios ativos em vegetais do Cazaquistão. Analisaram 82 amostras de pepinos e tomates, usando cromatografia gasosa-micro elétron detector de captura/detector de nitrogênio-fósforo (GC-µECD/NPD).

Os resultados indicaram que mais da metade das amostras (59%) continham 29 agrotóxicos, onde 10 não estão registrados no país. O estudo apontou a necessidade urgente de controlar o uso pertinente desses compostos no cultivo

desses vegetais, podendo ser considerado um problema de saúde pública.

No estudo de (AL-TAHER et al., 2013), identificado como A8, objetivou-se determinar o efeito de vários tratamentos de lavagem com e sem sonicacão na remoção de agrotóxicos de tomates e avaliar a eficácia de uma lavagem com água em amostras selecionadas usando uma calha de lavagem de produtos agrícolas.

O uso da sonicacão aumenta a remoção de princípios ativos das superfícies dos tomates, mas dependia do tratamento de lavagem e do ingrediente ativo. Os resíduos de agrotóxicos em produtos contaminados foram reduzidos de cerca de 40 para 90% quando lavados por 1 minuto na calha, mostrando ser um método eficiente.

Arias et al. (2014) no estudo A10 verificou, a presença de resíduos de agrotóxicos nos tomates produzidos na Colômbia, no entanto, a presença desses resíduos no tomate não foi determinada. Através de uma quantidade de amostragem extensa em Bogotá, avaliando a presença de 24 princípios ativos em tomates frescos.

Pelo menos um princípio ativo foi detectado em 70,5% das amostras, destacando o pirimetanil, carbendazim, dimetomorfe e acefato como os mais encontrados. Os resultados revelaram que o consumo de tomate em Bogotá não representa nenhum risco para a saúde humana. Por isso, é necessário um monitoramento para vistoriar a contaminação dessas commodities

Na pesquisa realizada por Golge e Kabak (2015) identificada como A11, prepararam um método multirresíduo baseado na preparação de amostras QuEChERS modificada, seguidas das análises de cromatografia líquida (LC-MS / MS) que foi desenvolvida e validada para a determinação de 109 princípios ativos em tomates.

Todos os parâmetros foram satisfatórios. Aplicando assim o método à análise de 345 amostras de tomate obtidas em mercados locais e comerciantes de tomate. Foram identificados resíduos de acetamiprida, azoxistrobina e triadimefon e medidos em 9,6% das amostras de tomate, variando de 0,015 a 0,37 mg kg nas amostras.

A pesquisa A12 (REILER et al., 2015) relata sobre o risco dietético relacionado com os organofosforados e organoclorados em tomate por GC-MS, o mesmo analisou resíduos de 6 organoclorados e 5 organofosforados em 54 amostras de tomates de pequenos agricultores, onde foi acompanhado o risco do consumo de tomates com diferentes tempos de armazenamento e processamentos.

Como resultados se observou presença dos 11 princípios ativos em todas as análises, com vários sendo obsoletos e não usados frequentemente, com organoclorados abaixo da faixa de risco agudo, porém os organofosforados estiveram em quantidades acima do risco agudo, mesmo em tomates lavados e não processados após 3 dias da colheita, mostrando um risco dietético os consumidores, principalmente crianças.

Já o estudo descrito por A13 (KATSOULAS, et al, 2012), analisou a distribuição do ingrediente ativo pirimetanil em estufas, buscando verificar por GC-MS se elementos não alvo eram afetados de forma significativa em períodos de tempo diferentes após a aplicação em tomates que eram os elementos alvo.

Como resultados mostraram que cerca de 2/3 do agrotóxico atingiu a cultura, enquanto 1/4 atingiu solo e

paredes, e após 20 horas de aplicação a concentração do princípio ativo no ar da estufa era baixa, porém a exposição cutânea dos trabalhadores diretamente com a cultura pode acarretar em contaminação mesmo após dias da aplicação.

Já que foi encontrada uma concentração elevada na superfície da cultura, com relação ao meio ambiente, não foram encontrados resíduos do agrotóxicos em solo e água externos a estufa.

O trabalho A15 descrito por Salghi et al. (2012) descreve análises de resíduos de agrotóxicos em tomates cultivados em estufas, onde foram usadas 120 amostras de tomate cultivados em estufas, e foram analisados por GC-MS 8 princípios ativos, 3 organoclorados quatro piretróides e uma dicarboximida.

Como resultado se obteve resíduos de 8 princípios ativos em todas as amostras, sendo 3 organoclorados, quatro piretróides e uma dicarboximida, o endossulfan foi o que apresentou os maiores níveis nas amostras analisadas, comparando com os LMRs descritos pela legislação da EU.

Os valores de deltametrina foram excedidos em duas amostras e os de endossulfan foram excedidos em 8 amostras, mostrando que deve se ter um controle da aplicação destes agrotóxicos nas culturas de tomate mais rígido e uma fiscalização eficaz nos plantios da cultura.

CONCLUSÕES

Esta revisão confirma a necessidade de pesquisas voltadas para a verificação de possíveis resíduos de agrotóxicos em produtos processados do tomate, visto que apenas 3 estudos abordam esta temática nos últimos 10 anos. Contudo a hortaliça in natura também precisa de monitoramento contínuo, pois a mesma participa cotidianamente da dieta da sociedade. Além da necessidade de reavaliar os valores máximos permitidos para cada legislação, levando em consideração a exposição dos consumidores aos níveis mais baixos desses resíduos.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará campus Limoeiro do Norte – IFCE e pelo apoio financeiro a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

REFERÊNCIAS

ABD-ELHALEEM, Z. A. Pesticide residues in tomato and tomato products marketed in Majmaah province, KSA, and their impact on human health. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, n. 8, p. 8526–8534, 2020. doi: 10.1007/s11356-019-07573-x

AL-TAHER, F.; CHEN, Y.; WYLIE, P.; CAPOZZO, J. Reduction of pesticide residues in tomatoes and other produce. *Journal of Food Protection*, v. 76, n. 3, p. 510-510, 2013. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-12-240

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2018. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/> Acessado em 13/11/2020

- ARIAS, L. A.; BOJACÁ, C. R.; AHUMADA, D. A.; SCHREVEENS, E. Monitoring of pesticide residues in tomato marketed in bogota, colombia. *Food Control*, v.35, p. 213-217. 2014. doi: 10.1016/j.foodcont.2013.06.046
- CORRIAS, F.; ATZEI, A.; LAI, C.; DEDOLA, F.; IBBA, E.; ZEDDA, G.; CANU, F.; ANGIONI, A.L. Effects of industrial processing on pesticide multiresidues transfer from raw tomatoes to processed products. *Foods*, v. 9, n. 10, 2020. doi: 10.3390/foods9101497
- DORDEVIĆ, T.; DUROVIĆ-PEJCEV, R. Food processing as a means for pesticide residue dissipation. *Pestic. Phytomed*, v. 31, p. 89-105, 2016. doi: 10.2298/PIF1604089D
- HLIHOR, R. M.; POGACEAN, M. O.; ROSCA, M.; COZMA, P.; GAVRILESCU, M. Modelling the behavior of pesticide residues in tomatoes and their associated long-term exposure risks. *J Environ Manage*, v. 233, p. 523-529, 2019. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.11.045
- GOLGE, O.; KABAK, B. Evaluation of QuEChERS sample preparation and liquid chromatography-triple-quadrupole mass spectrometry method for the determination of 109 pesticide residues in tomatoes. *Food Chemistry*, v. 176, p. 319-332, 2015. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.12.083
- JALLOW, M. F. A.; AWADH, D. G.; ALBAHO, M. S.; DEVI, V. Y.; THOMAS, B. M. Pesticide knowledge and safety practices among farm workers in Kuwait: results of a survey. *Int J Environ Res Public Health*, v. 14, n. 4, p. 340, 2017. doi: 10.3390/ijerph14040340
- LI, H.; DU, H.; FANG, L.; DONG, Z.; GUAN, S.; FAN, W.; CHEN, Z. Residues and dissipation kinetics of carbendazim and diethofencarb in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and intake risk assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, v. 77, p. 200-205, 2016. doi: 10.1016/j.yrtph.2016.03.012
- LI, Z. Health risk characterization of maximum legal exposures for persistent organic pollutant (POP) pesticides in residential soil: an analysis. *J Environ Manage*, v. 205, p. 163-173, 2018. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.09.070
- LIU, C.; LU, D.; WANG, Y.; WAN, K.; HUANG, J.; WANG, F. Pyrimethanil residue and dissipation in tomatoes and soil under field conditions. *Environmental monitoring and assessment*, v. 185, n. 11, p. 9397-9402, 2013. doi: 10.1007/s10661-013-3259-3
- LOZOWICKA, B.; ABZEITOVA, E.; SAGITOV, A.; KACZYNSKI, P.; TOLEUBAYEV, K. LI, A. Studies of pesticide residues in tomatoes and cucumbers from Kazakhstan and the associated health risks. *Environmental monitoring and assessment*, v. 187, n. 10, p. 609, 2015. doi: 10.1007/s10661-015-4818-6
- MILHOME, M. A. L., SOUSA, D. O. B., LIMA, F. A. F., NASCIMENTO, R. F. Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE, Engenharia Sanitária e Ambiental, 14(1), 363-372. 2019 doi: 10.1590/S1413-41522009000300010
- PINHEIRO, A. I., FLORÊNCIO, A. C., CASTRO, R. C., NASCIMENTO, R. F. D., MILHOME, M. A. L. Theoretical estimate and multiresidue analyze using SPME – GCIT/MS/MS for management of pesticide in water of the rural zone of Ceará, Brazil. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, v. 9, n.3, p. 386-398, 2016. doi: 10.22201/iingen.0718378xe.2016.9.3.53653
- PINHO, G. P.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, M. E. L. R.; MARTE, D. B.; SILVERIO, F. O. Influence of tomato components in the quantification of four pesticides by gas chromatography. *Journal of the Brazilian Chemical Society (Impresso)*, v. 23, p. 294-300, 2012. doi: 10.1590/S0103-50532012000200015
- REILER, E.; JØRS, E.; BÆLUM, J.; HUICI, O.; ALVAREZ CAERO, M. M. A.; CEDERGREEN, N. The influence of tomato processing on residues of organochlorine and organophosphate insecticides and their associated dietary risk. *Science of the Total Environment*, v. 527-528, p. 262-269, 2015. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.04.081
- RESTREPO, A. R.; ORTIZ, A. F. G.; OSSA, D. E. H.; MESA, G. A. P. QuEChERS GC-MS validation and monitoring of pesticide residues in different foods in the tomato classification group. *Food chemistry*, v. 158, p. 153-161, 2014. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.02.121
- SALAMZADEH, J.; SHAKOORI, A.; MORADI, V. Occurrence of multiclass pesticide residues in tomato samples collected from different markets of Iran. *J Environ Health Sci Eng*, v. 6, n. 1, p. 55-63, 2018. doi: 10.1007/s4020 1-018-0296-4
- SALGHI, R.; LUIS, G.; RUBIO, C.; HORMATALLAH, A.; BAZZI, L.; GUTIÉRREZ, A. J.; HARDISSON, A.. Pesticide residues in tomatoes from greenhouses in Souss Massa Valley, Morocco. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 88, n. 3, p. 358-361, 2012. doi: 10.1007/s00128-011-0503-9
- XU, Z.; ZHANG, C.; YU, J.; ZHANG, C.; WU, M.; HE, H.; ... & CHEN, L. Field investigations of dissipations and residues of cyazofamid in soil and tomato: risk assessment of human exposure to cyazofamid via tomato intake. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, n. 4, p. 3483-3492, 2017. doi: 10.1007/s11356-016-8106-y
- ZHAO, P.; HUANG, B.; LI, Y.; HAN, Y.; ZOU, N.; GU, K.; LI, X.; PAN, C. Rapid multiplex filtration cleanup with multiple-walled carbon nanotubes and gas chromatography-triple-quadrupole mass spectrometry detection for 186 pesticide residues in tomato and tomato products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 62, n. 17, p. 3710-3725, 2014. doi: 10.1021/jf405240j