



## O PAPEL DE circRNAs e miRNAs NA BIOSSÍNTESE DE CAROTENÓIDES NO TOMATE (*Solanum lycopersicum*)

MARCELY BRASIL SILVA<sup>1</sup>; TATIANE JÉSSICA SIEBENEICHLER<sup>2</sup>; ROSANE LOPES CRIZEL<sup>2</sup>  
VANESSA GALLI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [marcelybrasil.silva7@gmail.com](mailto:marcelybrasil.silva7@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [tatijs1@hotmail.com](mailto:tatijs1@hotmail.com), [rosanecrizel@gmail.com](mailto:rosanecrizel@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [vanessagalli.ufrgs@gmail.com](mailto:vanessagalli.ufrgs@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

O amadurecimento dos frutos é considerado, do ponto de vista científico, um processo onde a bioquímica e a fisiologia do órgão são alteradas de forma a influenciar a textura, sabor, aroma e aparência do fruto (GIOVANNONI, 2004).

O processo também é acompanhado por outras transformações nas áreas da biologia molecular, bioquímica e fisiologia, incluindo mudanças na cor, doçura e acidez. Todas essas mudanças são orientadas pela expressão de genes relacionados ao amadurecimento, os quais além de codificar enzimas que participam ativamente no desenvolvimento do fruto, também codificam proteínas regulatórias que participam de cascatas de sinalização, além de mecanismos transpcionais que regulam a expressão dos genes (BOUZAYEN, 2010).

E é através de mecanismos de regulação que os frutos são divididos em duas categorias, climatéricos e não climatéricos. Os frutos climatéricos, como o tomate, são caracterizados por um aumento na respiração e na produção de etileno que está diretamente relacionado com o amadurecimento; enquanto que os frutos não climatéricos, como o morango, são caracterizados por uma ausência desse pico na respiração e na produção de etileno (SALTVEIT, 1993).

Quando se trata de mecanismos de regulação, é visível que a menção de circRNAs e miRNAs tem aumentado copiosamente nos últimos anos, sendo o circRNA um regulador transicional gerado a partir de um mecanismo conhecido como *back-splicing*, e o miRNA um regulador pós transicional envolvido na regulação gênica (DEMIRCI, 2021).

O tomate é considerado um excelente modelo para a pesquisa científica. Algumas razões são, a sua natureza climatérica de amadurecimento, curto período de geração, grande quantidade de informações sobre o seu genoma já de domínio público e o fato de que durante o amadurecimento do tomate (*Solanum lycopersicum*) ocorrem mudanças na cor, sabor e textura, o que favorece a visualização fenotípica de determinados tratamentos em um experimento. Estas mudanças fenotípicas são decorrentes de alterações bioquímicas, moleculares e fisiológicas, processos estes diretamente ligados a moléculas de RNA não codificantes como miRNA e circRNA.

O RNA circular, ou circRNA, está envolvido diretamente na transcrição por ter um papel importante na regulação das funções do miRNA além do direcionamento de fatores de transcrição. Através da literatura dos últimos anos muito se tem especulado sobre o papel dessas moléculas não codificantes (miRNAs e circRNAs) sobre a maturação de frutos como o tomate, principalmente no que diz respeito à pigmentação e biossíntese de carotenóides. Desta forma, o

objetivo deste estudo é realizar uma revisão de literatura sobre o papel de miRNAs e circRNAs na biossíntese de carotenóides.

## 2. METODOLOGIA

Para este estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico na plataforma Scopus com as palavras-chave “miRNA” OR “circRNA” AND “Fruit ripening”. Foram encontrados quarenta e dois artigos, dos quais após uma avaliação extensa para observar a sua relevância para com o trabalho, de preferência os que ressaltam pesquisas sobre carotenóides em tomate, trinta e sete foram descartados. Com isto, os cinco artigos restantes foram lidos e usados na constituição deste trabalho (Figura 1).



## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria das plantas de tomate, com algumas exceções, leva alguns meses para ir de semente a frutos, mas algo que todas tem em comum é que para começarem a mudança de cor de verde para vermelho é preciso primeiramente atingir o estágio de verde maduro. A partir daí a mudança de cor começa com a produção de etileno, provocado por fatores de transcrição dentre outras moléculas (BARCHI, 2019).

Quando se trata de amadurecimento, é visível que uma das principais etapas é a mudança de cor, o que ocorre pelo acúmulo e degradação de pigmentos como carotenóides, mudança essa causada por circRNAs (ZHOU, 2018). Dois bons exemplos são o PSY1-circ1, derivado do gene que codifica para a enzima fitoeno sintase, e o PDS1-circ1, da enzima fitoeno desaturase, sendo que ambos apresentam extrema importância para o amadurecimento do tomate (Tan, 2017). Como pode ser visto na Figura 2, o PSY1-circ1 age na síntese de fitoeno e o PDS1-circ no processo de desaturase que origina licopeno, um carotenoide majoritário em tomate. O licopeno é então convertido em β-caroteno, após a ciclização das extremidades.



Contudo, existem diversos exemplos na literatura de mutantes de tomate que não apresentam mudanças de coloração como o *Nr* (*never-ripe*) e *Gr* (*green-ripe*), ambos resultados de uma insensibilidade ao etileno. Estudos com essas e outras espécies de mutantes fornecem uma grande oportunidade de entender mais sobre as vias que influenciam a biossíntese de etileno e por consequência, como essas moléculas estão relacionadas à regulação do amadurecimento. Um bom exemplo é a evidenciação de que o miR172 possui um papel essencial durante a biossíntese de carotenóides e tem a capacidade de reprimir a transcrição de *S/AP2a*, um fator de transcrição (Yin et al., 2018) que assim como o miR1917 é um regulador negativo que age durante o amadurecimento. MirR1917 tem como alvo genes *CTR*, que codifica para receptores de etileno, cuja expressão é regulada negativamente por AP2. Sendo assim, uma diminuição na transcrição de miR1917 aumenta consideravelmente a expressão de *CTR*, o que consequentemente causa um aumento na produção de etileno e, por conseguinte, na síntese de carotenóides (CHUNG, 2020). Desta forma, estes miRNAs e circRNAs representam alvos potenciais, não somente acadêmico mas também lucrativo se aplicado na agroindústria.

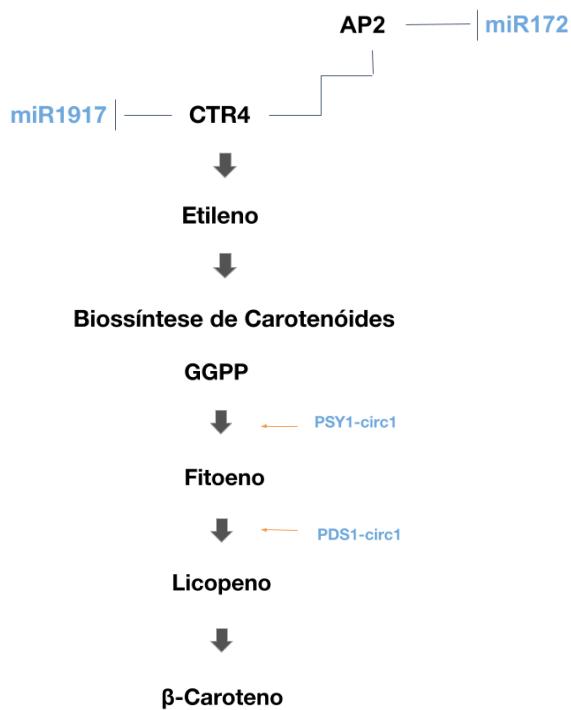


Figura 2. Papel de miRNAs e circRNAs na regulação de carotenóides

#### 4. CONCLUSÕES

O interesse pelo entendimento do papel de circRNA e miRNA na fisiologia vegetal e no processo de maturação de frutos como o tomate tem crescido. Esta revisão bibliográfica permitiu perceber que este entendimento ainda é bastante incipiente, necessitando de estudos adicionais. Além disso, foi possível relatar os circRNAs e miRNAs envolvidos no acúmulo de carotenóides em tomate, descritos até o momento, e evidenciar o potencial destas moléculas para o desenvolvimento de plantas melhoradas e produtos biotecnológicos visando o controle do conteúdo de carotenóides em tomate.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCHI, Lorenzo, PIETRELLA, Marco, VENTURINI, Luca, MINIO, Andrea, TOPPINO, Laura, ACQUADRO, Alberto, ANDOLFO, Giuseppe, APREA, Giuseppe, AVANZATO, Carla and BASSOLINO, Laura, 2019. A chromosome-anchored eggplant genome sequence reveals key events in Solanaceae evolution. **Scientific reports**. 2019. Vol. 9, no. 1, p. 1–13.

BAVELLONI, Alberto, RAMAZZOTTI, Giulia, POLI, Alessandro, PIAZZI, Manuela, FOCACCIA, Enrico, BLALOCK, William and FAENZA, Irene, 2017. MiRNA-210: a current overview. **Anticancer research**. 2017. Vol. 37, no. 12, p. 6511–6521.

BOUZAYEN, Mondher, LATCHE, Alain, NATH, Pavendra and PECH, Jean-Claude, 2010. Mechanism of fruit ripening. In: **Plant developmental biology-Biotechnological perspectives**. Springer. p. 319–339.

CHUNG, Mi-Young, NATH, Ujjal Kumar, VREBALOV, Julia, GAPPER, Nigel, LEE, Je Min, LEE, Do-Jin, KIM, Chang Kil and GIOVANNONI, James, 2020. Ectopic expression of miRNA172 in tomato (*Solanum lycopersicum*) reveals novel function in fruit development through regulation of an AP2 transcription factor. **BMC plant biology**. 2020. Vol. 20, no. 1, p. 1–15.

DEMIRCI, Yılmaz Mehmet and DEMIRCI, Müşerref Duygu Saçar, 2021. Circular RNA–MicroRNA–MRNA interaction predictions in SARS-CoV-2 infection. **Journal of Integrative Bioinformatics**. 2021. Vol. 18, no. 1, p. 45–50.

GIOVANNONI, James J., 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. **The Plant Cell**. 2004. Vol. 16, no. 1, p. S170–S180.

SALTVEIT JR, Mikal E., 1993. Internal carbon dioxide and ethylene levels in ripening tomato fruit attached to or detached from the plant. **Physiologia Plantarum**. 1993. Vol. 89, no. 1, p. 204–210.

TAN, Jinjuan, ZHOU, Zhongjing, NIU, Yujie, SUN, Xiaoyong and DENG, Zhiping, 2017. Identification and functional characterization of tomato circRNAs derived from genes involved in fruit pigment accumulation. **Scientific reports**. 2017. Vol. 7, no. 1, p. 1–9.

YIN, Junliang, LIU, Mengyu, MA, Dongfang, WU, Jiawen, LI, Shenglan, ZHU, Yongxing and HAN, Bin, 2018. Identification of circular RNAs and their targets during tomato fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**. 2018. Vol. 136, p. 90–98.

ZHOU, Rong, XU, Liping, ZHAO, Liping, WANG, Yinlei and ZHAO, Tongmin, 2018. Genome-wide identification of circRNAs involved in tomato fruit coloration. **Biochemical and biophysical research communications**. 2018. Vol. 499, no. 3, p. 466–469.