

مواد افزودنی پلیمر

Polymer Additives

ماندانا زورمند*^۱، پیمان رجایی^۲

پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲

دریافت: ۱۴۰۰/۷/۱۱

چکیده

افزودنی های پلیمری اثر چشمگیر بر مواد بسته بندی داشته است. بهبود در عملکرد پلیمر درب را برای روش های جدید و نوآورانه تولید باز کرده است. افزودنی های متعدد پردازش و تولید عملکرد را ارائه می دهند. مواد افزودنی پلاستیک سهم کمی را در مواد پلاستیکی به خود اختصاص می دهند اما تاثیر زیادی بر کیفیت محصولات پلاستیکی دارند، انواع مختلف پلاستیک ها به دلیل روش های مختلف پردازش گیری و شرایط استفاده به انواع و مقادیر اضافی مختلفی از مواد افزودنی نیاز دارند. هدف اصلی از افزودن مواد افزودنی به پلاستیک، بهبود عملکرد پردازش، افزایش کارایی و کاهش هزینه است. در این مقاله تاریخچه رشد مواد افزودنی پلیمر، دسته های مختلف افزودنی های پلیمری، اهمیت آنها مورد بررسی قرار گرفت. در حالی که انواع مواد افزودنی وجود دارد این مقاله بر روی آن هایی که قابلیت های پردازش را افزایش می دهند و بهبود خواص عملکردی پلیمر را در بر دارند متمرکز است.

کلمات کلیدی: مواد افزودنی پلاستیک، آنتی اکسیدان ها، پر کننده، آنتی استاتیک، رنگدانه، پیشگیرنده شعله، عوامل پف زا، روان ساز ها.

مقدمه

مواد افزودنی پلیمر مناطق مهم نوآوری برای مواد بسته بندی هستند. افزودنی یک ماده است که به ذوب پلیمر اضافه می شود تا قابلیت پردازش، عملکرد یا ظاهر را افزایش دهد. توانایی اصلاح پلیمرها به صنعت بسته بندی اجازه می دهد تا مواد بهتر و قوی تر تولید کنند. (murphy, 2001). مواد پلیمری در محصولات بسته بندی مانند فیلم ها، ظروف - استفاده می شود. مواد بسته بندی به شدت از ورود مواد افزودنی به پلیمرها برای افزایش قابلیت پردازش و عملکرد بهره مند می شوند (Soroka, 2002).

^۱ دانشجوی دکتری تخصصی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران، تهران، ورامین

^۲ استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران، تهران، ورامین

*مسئول مکاتبات: mandana.zorman@gmail.com

روش‌ها و نتایج

تاریخچه

تاریخچه صنعت پلیمر تعدادی از تغییرات در طول سال‌ها را تجربه کرده است، با شروع از پلیمرها طبیعی و توسعه در صنعت تخصصی که امروز دیده می‌شود. پلیمرهای ارگانیک مانند موم و قیر برای قرن‌ها استفاده شده‌اند. اما مواد قادر به استفاده از برنامه‌های عمومی نیستند زیرا آنها بیش از حد شکننده یا نرم بودند و یا سایر مواد مفید نبودند. چند پلیمر ارگانیک دیگر شاخ و یا حیوانی بودند که تنها می‌توانستند قالب بندی شوند (willamson, 1994).

رزین‌های از درختان منبع دیگری از پلیمرهای آلی بودند. از رزین درختان در تهیه لاستیک استفاده می‌شد. لاستیک طبیعی نرم و چسبندگی در آب و هوای گرم و بسیار شکننده در هوای سرد است. برای حل این مشکل لاستیک با گوگرد و گرما اصلاح شد (willamson, 1994).

کشف پلیمرهای طبیعی نیاز به افزودنی‌ها را برای اصلاح خواص پلیمری ایجاد کرد به عنوان مثال: سلولز به عنوان پلیمر نیمه مصنوعی در نظر گرفته شد به منظور ساخت آن برای استفاده‌های تجاری عملی، با اضافه کردن کافور برای کاهش شکنندگی بهبود یافت (willamson, 1994).

امروزه پلیمرهای طبیعی و مصنوعی هر دو بر افزودنی برای پردازش تکیه می‌کنند. برای ایجاد مخلوط جدید، افزودنی‌ها و رزین‌های پلیمری برای تولید مواد بهبود یافته مخلوط می‌شوند. مخلوط استاندارد تولید می‌شود که می‌تواند با اضافه کردن افزودنی‌های مختلف برای ایجاد انواع مواد انتخاب شده و با نیازهای پردازش فردی، سفارشی شود (Ram, 1997). افزودن مواد افزودنی پلیمر به تولیدکنندگان اجازه می‌دهد تا ترکیبات فردی ایجاد کنند و یک محصول بسیار تخصصی برای برآورده ساختن نیازهای مشتری داشته باشند.

انواع افزودنی‌ها

چندین دسته از افزودنی‌ها مانند پرکننده‌ها، رنگدانه‌ها - عوامل پف‌زا - آنتی‌اکسیدان‌ها - آنتی‌استاتیک - پیشگیرنده شعله - روان‌سازها وجود دارد این افزودنی‌ها برای تولید انواع بسیاری از پلیمرهایی که در بازار هستند، بسیار مهم است. آنها به حداکثر رساندن عملکرد مواد و تولید یک محصول که نیازهای تولید را انجام می‌دهند کمک می‌کند.

۱- آنتی اکسیدان ها

آنتی اکسیدان ها تثبیت کننده هایی هستند که می توانند در هنگام پردازش مواد و محافظت طول عمر مواد را حفظ کنند. آنها برای جلوگیری از تخریب پلیمر ها استفاده می شوند (Ram, 1997).

آنتی اکسیدان ها مواد شیمیایی هستند که برای محافظت در برابر اثرات مضر اکسیداسیون به پلاستیک ها اضافه می شوند (Al-malaika *et al.*, 2017).

آنتی اکسیدان ها موادی هستند که دارای ساختار شیمیایی خاصی است که در غلظت های کم اثر خود را نشان می دهند و به علت اینکه نسبت به پلیمر سرعت بیشتری در واکنش با رادیکال های آزاد دارند، مانع از اکسایش پلیمر می شوند. (Billingham, 1993).



آنتی اکسیدان ها جز مواد افزودنی اصلی مورد استفاده در صنایع مختلف مانند صنایع فرآوری لاستیک، صنایع پلاستیک، تولید مواد غذایی و غذای دام، سوخت و روغن های روانکاو می باشند.

این مواد می توانند با جلوگیری و یا به تاخیر انداختن واکنش اکسیداسیون، سبب افزایش دوام و ماندگاری محصولات مختلف شده و یا از تخریب حرارتی آنها در حین شکل دهی جلوگیری می کنند (نجات و همکاران، ۱۳۹۶).

آنتی اکسیدان ها بر حسب ساختار شیمیایی آنها در چند دسته زیر قرار داده می شوند:

۱- آمین ها

۲- فتول های بازدارنده

۳- فسفیت ها

۴- تیواسترها

۵- آنتی اکسیدان های با منشاء طبیعی (Scott, 1993).

هدف از کاربرد این مواد جلوگیری از تخریب اکسیداسیونی مواد آلی غیر اشباع مانند الاستومرها، پلاستیک ها، سوخت های پایه نفتی، مواد غذایی و غذای حیوانات می باشد. حدود ۵۰ درصد از کل آنتی اکسیدان مصرف شده در سطح جهان در صنعت لاستیک مصرف شده و پس از آن بیشترین مقدار آنتی اکسیدان در صنعت پلاستیک مصرف می شود.

(Almalaika *et al.*, 2017).

انواع و مکانیزم عملکرد انواع آنتی اکسیدان‌ها

به ماده ای که برای به تاخیر انداختن (جلوگیری) از تخریب حرارتی استفاده می شود، آنتی اکسیدان گفته می شود انواع آنتی اکسیدان ها بر حسب نحوه عملکرد عبارتند:

۱- آنتی اکسیدان‌های زنجیره شکن (اولیه) این آنتی اکسیدان‌ها سبب غیرفعال شدن گونه های آلکیل و پروکسی- آلکیل شده و لذا سبب جلوگیری از انتشار زنجیره ها می شوند.

آنتی اکسیدان های اولیه عبارتند: آمین ها، فنول های بازدارنده (Yang Qio *et al.*, 2014) (Scot, 1980)

۲- آنتی اکسیدان های پیشگیری کننده (ثانویه)

که سبب تجزیه هیدروپراکسید ها به محصولات غیر رادیکالی شده و لذا سرعت تشکیل رادیکال ها را کاهش می دهد. هیدروپراکسیدها را به محصولات حرارتی پایدار تبدیل می کنند.

آنتی اکسیدان های ثانویه عبارتند از: فسفیت های آلی، تیواسترها (Al-malaik *et al.*, 2005) (Yang Qio *et al.*, 2014)

برخی آنتی اکسیدان های نسل جدید در کاربرد خاص

- کابل های فشار متوسط و فشار بالا
- فیلم های پلی اتیلن
- فیلم های Bopp

۳- پرکننده و اصلاح کننده ضربه

در بسیاری از کاربردها می توان به منظور کاهش قیمت قطعات از موادی به نام پر کننده جهت کاهش قیمت قطعات پلیمری استفاده نمود. برای نمونه برای کاهش قیمت قطعات PVC (مانند لوله های فاضلاب، قاب پنجره ها و نمای دیوار) درصد نسبتاً بالایی (حتی بیش از ۵۰ درصد وزنی) از پرکننده های معدنی رایج مانند: کربنات کلسیم، تالک، دولومیت و غیره استفاده می شود. البته در برخی موارد، هدف از افزودن این پر کننده ها بهبود خواص پلیمر، مانند افزایش سختی، بهبود پایداری حرارتی و افزایش پایداری نوری می باشد.

این مواد معدنی قیمت های نسبتاً پایینی داشته و مخلوط نمودن آن با پلیمر سبب کاهش قیمت نهایی قطعات پلیمری ساخته شده خواهد بود. با بالا رفتن درصد پرکننده سختی یا مدول پلیمر افزایش یافته اما استحکام مکانیکی و ضربه پذیری یا چقرمگی آن کاهش می یابد. لذا قطعات به دست آمده بسیار شکننده بوده و توان تحمل ضربه را ندارند.

کوپلیمرهای اکریلاتی، کوپلیمر متاکریلات- بوتادین- استایرن از مهمترین افزودنی های اصلاح کننده خواص ضربه پلیمرها می باشند.

چند نوع پر کننده عبارتند از: کلسیم کربنات- کائولن - هیدروکسید منیزیم - وولاستونیت (Munich Hanser, 1987).

۴- پیشگیرنده شعله

از آنجا که عمده پلیمرهای رایج پایه آلی دارند لذا یکی از مشکلات اصلی در کاربرد آنها بحث ایمنی و آتش گرفتن آن ها می باشد. برای نمونه در صورت بروز آتش سوزی در ساختمان، اجناس و قطعات پلیمری مانند لباس ها، پتو، تشک - فرش و موکت، پرده ها، اسباب بازی ها، لوله های پلیمری، فوم های پلی استایرن، و سایر قطعات پلیمری به راحتی شعله ور شده و سبب افزایش شدت آتش سوزی می شوند. برای کاهش چنین سوانحی از افزودنی های تاخیر انداز شعله استفاده می شود. هیدروکسید آلومینیوم، ترکیبات آلی حاوی برم و کلر و ترکیبات آنتیموان از مهمترین افزودنی های ضد شعله مورد استفاده در پلیمرها می باشند. این مواد از طریق مکانیزم های متعددی مانند سرد نمودن شعله سبب کاهش سرعت سرایت شعله و افزایش ایمنی می شوند. جالب است که در بین مواد افزودنی مختلف پلیمرها، افزودنی ها تاخیر انداز شعله بیشترین مقدار مصرف را در سطح جهانی دارد. (Pritchard, 2012) (Munich, 1987)

۵- رنگدانه

رنگدانه ها موادی هستند که برای رنگ کردن و دادن خاصیت رنگی به پلیمر استفاده می شود و شامل رنگدانه های آلی و معدنی می شوند.

رنگ، ظاهر و بافت سطحی پلیمرها، خریداران را جذب اقلام تجاری پلاستیک می کند. سطح یک قطعه پلاستیکی را می توان بعد از قالب گیری رنگ نموده و یا بر روی آنها چاپ از طرفی می توان قبل و یا در حین فرآیند قالب گیری رنگدانه هایی را درون ماتریس پلیمر وارد نمود. در این روش رنگدانه ها می توانند اثرات زینتی را ایجاد کنند که در درون ساختار پلیمر قرار داشته و هرگز پاک نمی شود. این ویژگی به همراه دسته وسیعی از روش های قالب گیری به طراحان آزادی عمل وسیعی می بخشد. رنگدانه ها فقط از جنبه زیبایی دارای اهمیت نبوده و دارای عملکرد غیر زینتی می باشند. برای نمونه از رنگدانه ها به عنوان ترکیبات ضد نور برای محافظت از داروها در بسته های دارویی استفاده می شود. همچنین طراحان از رنگدانه ها برای ایجاد تمایز در بین قسمت های مختلف قطعات پلاستیکی و همچنین در ساخت رنگ های ترافیکی برای کاهش تصادفات استفاده می نمایند. از طرف دیگر تولید البسه دارای رنگ های فلورسانت برای ورزشکاران، همچون دوچرخه سواران و دوندگان و همچنین کارگران ساختمانی اهمیت زیادی دارند از رنگدانه ها برای

ایجاد قطعات مات نیز استفاده می شود. لازم به ذکر است که رایج ترین و به صرفه ترین روش ایجاد رنگ های با ثبات، استفاده از کربن فعال، تیتانیوم دی اکسید است. (Al-malaika et al., 20017) (Al-malaika et al., 1993) (Scott et al., 1993) (Yessica Fox, 2008) (al., 1993)

۶- آنتی استاتیک

عامل آنتی استاتیک در حذف یا کاهش الکتریسیته ساکن در سطح محصولات پلاستیکی نقش دارد. بیشتر عوامل آنتی استاتیک الکترولیت ها هستند و سازگاری آنها با رزین های مصنوعی محدود است، به طوری که می توانند برای جذب رطوبت و حذف الکتریسیته ساکن به سطح پلاستیک مهاجرت کنند.

نارسا بودن اکثر پلیمرها در برابر الکتریسیته و توانایی بالای آنها در جذب الکتریسیته ساکن سبب ایجاد مشکلاتی در فرایند تولید می شود که عبارتند از :

جذب گرد و غبار و چسبیدن فیلم ها به یکدیگر

ایجاد جرقه موقع دست زدن به محصول

ایجاد آتش سوزی به علت تخلیه الکتریکی

که با اضافه کردن این افزودنی این مشکلات تا حدودی حل می شود. (Pritchard, 2012) (Munich, 1987)

۷- روان کننده ها

روان کننده ها افزودنی ها هستند که نقش کاهنده جاذبه و اصطکاک بین سطوح داغ دستگاه های شکل دهنده و سطح پلیمر مذاب دارند. هدف از این عمل آسیب نرسیدن به آن در حین فرآیند می باشد.

وظیفه روان کننده ها

روان کننده ها در کاهش گرانشی مواد در حین فرآیند تاثیر مطلوبی دارند، همچنین در تشکیل قطعه قالب گیری شده با ظاهر صاف و صیقلی نقش بسیار اساسی دارند. در حقیقت روان کننده ها نقش بسیار مهمی در رفع آسیب های ناشی از تنش بالای حرارتی که به طور عمده در اثر حرکت برشی مذاب ایجاد می شوند و موجب تغییر رنگ و سوختگی پلاستیک می گردند به عهده دارند. این نوع افزودنی موجب کاهش جاذبه داخلی بین مولکول ها و اصطکاک خارجی مذاب پلاستیک هنگام تماس با سطوح داغ در حین عبور از داخل شکاف های باریک فیلم ساز می شوند. روان سازها در دو گروه طبقه بندی می گردند، روان کننده داخلی، روان کننده خارجی.

روان کننده داخلی موادی هستند که کاهش گرانش و سهولت جاری شدن را برای پی وی سی مذاب فراهم می کنند. روان کننده خارجی باید ماده ای باشد که با پلاستیک سازگاری نداشته تا بتواند از آمیزه بیرون آمده و سطح خارجی پلاستیک را بپوشاند.

روان کننده ها ترکیبات آلی هستند در چهار گروه طبقه بندی می شوند:

۱- نمک ها، فلزات استنارات

۲- اسیدهای چرب

۳- پارافین و واکسی های هیدروکربنی

۴- استرهای اکسیل اسیدهای چرب. (Gatcher *et al.*, 1990) (Al-malaika *et al.*, 20017)

۸- عوامل پف زا

عوامل پف زا به منظور تهیه پلیمرهای شبکه‌ای به پلیمر اضافه می‌شوند سلول ها می توانند به طور کامل بسته یا باز باشند. فوم های پلیمری دارای نسبت استحکام به وزن بالا، علایق صوتی و حرارتی عالی و جذب انرژی ارتعاشی خیلی خوبی هستند.

مواد پف زا یک عامل دهنده گرمازا است با ویژگی‌های اندازه ذرات کوچک، پراکندگی عالی در مواد کف کننده قابلیت کنترل خوب فرایند کف کردن، دمای تجزیه متمرکز و اثر کف خوب این محصول می‌تواند یک ساختار سلولی بسته لانه زنبوری در مواد کف کننده ایجاد کند.

عامل دهنده پلاستیک نوعی ماده آلی کم مولکولی است که می‌تواند در دمای معینی تبخیر شود مانند دی کلرودی فلورومتان یا ترکیبات آلی که با حرارت دادن به گاز تجزیه می شود.

عامل کم کننده معمولاً ترکیبات آزو، ترکیبات نیتروزو و غیره هستند. (Munich, 1987) (Gatcher *et al.*, 1990)

(Hubis *et al.*, 2000) (Munich *et al.*, 1987) (Stepak *et al.*, 1983)

نتیجه گیری

بسیاری از افزودنی‌های مورد بحث در ترکیب با یکدیگر برای بهینه سازی عملکرد و ایجاد ترکیبات تخصصی استفاده می شوند. مزایای استفاده از افزودنی ها کاهش هزینه و بهبود عملکرد، افزایش دوام، صرفه جویی در انرژی می باشد. امروزه تکنولوژی بسته بندی مواد غذایی با استفاده از مواد پلیمری متحول شده است.

فیلم های پلیمری چند لایه مورد استفاده در بسته بندی مواد غذایی فاسد شدنی، پلی اتیلن ترفتالات مورد استفاده در بسته بندی نوشابه های گازدار و غیره از جمله این موارد می باشد.

جلوگیری از نفوذ اکسیژن هوا و یا نور خورشید می تواند ماندگاری مواد غذایی مختلف مانند شیر، نان و غیره را به میزان بسیار زیادی افزایش دهد. برای نمونه در بسته بندی بسیاری از مواد غذایی لایه‌ای از اتیلن و نایل الکل در بین دو لایه پلی اتیلنی قرار می گیرد که خواص سدی عالی داشته و از نفوذ اکسیژن به داخل بسته جلوگیری می نماید. پلی پروپیلن جهت یافته در دو جهت از موارد مهم مورد استفاده در صنعت بسته بندی می باشد.

References

منابع

- **Abrahart, E.N., 1977.** Dyes and their Intermediates. Edward Arnold Ltd., London.
- **Ahlström, L.H., Eskilsson, C.S., Björklund, E., 2005.** *Determination of banned azo dyes in consumer goods.* TrAC Trends in Analytical Chemistry, 24 (1), 49-56.
- **Allen, N.S., Edge, M., 1992.** Fundamentals of polymer degradation and stabilization. Elsevier, New York.
- **Allen, N.S., McKellar, J.F., 1980.** Photochemistry of dyed and pigmented polymers. Applied Science Publishers, London.
- **Allen, R.L., 1971.** Colour Chemistry, 1st ed., Thomas Nelson and Sons Ltd., London.
- **Al-Malaika, S. and Sheena, H.H., 2005.** Antioxidants. In: Goodman, R.M., Steed, J.W. (Eds.), Encyclopedia of Chemical Processing. Marcel Dekker, New York, pp. 81-100.
- **Al-Malaika, S., 2003.** *Oxidative degradation and stabilisation of polymers.* International Materials Reviews 48 (3), 165e185.
- **Al-Malaika, S., Axtell, F., Rathon, R., & Gilbert, M. (2017).** *Additives for Plastics.* Brydson's Plastics Materials, 127–168.
- **Ambrogi, V., Cerruti, P., Carfagna, C., Malinconico, M., Marturano, V., Perrotti, M. and Persico, P., 2011.** *Natural antioxidants for polypropylene stabilization.* Polymer Degradation and Stability 96 (12), 2152-2158.
- **Arrieta, M.P., López, J., Hernández, A., Rayón, E., 2014.** *Ternary PLA – PHB – Limonene blends intended for biodegradable food packaging applications.* European Polymer Journal 50, 255–270
- **Bart, J.C.J. (Ed.), 2006.** Additives in polymers: industrial analysis and applications. John Wiley & Sons, New York.
- **Battegazzore, D., Bocchini, S., Alongi, J., Frache, A., 2014.** *Plasticizers, antioxidants and reinforcement fillers from hazelnut skin and cocoa by-products: Extraction and use in PLA and PP.* Polymer Degradation and Stability 108, 297–306

- **Billingham, N.C., 1993.** Chapter 4: Physical chemistry of oxidation and stabilization. In: Scott, G. (Ed.), Atmospheric Oxidation and Antioxidants, vol. 2. Elsevier Applied Science, London, NY, pp. 219e277.
- **Dave, T., 2004.** Plastics, Additives and Compounding. Nov/Dec:44.
- **Gilbert, Marianne (2016-09-27).** Brydson's Plastics Materials. William Andrew. ISBN 978-0-323-37022-6.
- **Harper, C. A. 2006.** Handbook of plastics technologies: the complete guide to properties and performance. New York, USA: McGraw-Hill.
- **Hauser, E. A. 1938.** A contribution to the early history of India-rubber. François Fresneau (1703–1770). Rubber Chem Technol.;11:1 –4.
- **Hyatt, I. S., Hyatt, J. W. 1874.** inventors. US patent 156,352. –Abrahart, E.N., 1977. Dyes and their Intermediates. Edward Arnold Ltd., London.
- **Plastic additives initiative Supplementary Information on Scope and Methods 15.02.2019** This document provides supplementary information to the publication on ECHA website <https://echa.europa.eu/plastic-additives-initiative>
- **Qiu, Y., Wang, Z., Owens, A.C.E., Kulaots, I., Chen, Y., Kane, A.B., Hurt, R.H., 2014.** Antioxidant chemistry of graphene-based materials and its role in oxidation protection technology. Nanoscale 6 (9), 11744e11755.
- **Rubber Chem Technol. 1938.** 11:1–4. –United States Patent 3633 (1844) by Charles Goodyear improvements in India-rubber fabrics
- **United States Patent. 2010.** 3633 (1844) by Charles Goodyear improvements in India-rubber fabrics. –Available at <http://www.answers.com/topic/alexander-parkes>. Accessed 2010 July 6. –Hyatt JW, Hyatt IS, inventors. US patent 156,353. 1874
- **World Plastics Additives Market – Opportunities and Forecasts, 2012–2020. Mar 2016.** Accessed: 10Mar2016 <https://www.alliedmarketresearch.com/plastic-additives-market>.
- **Zweifel, H. 2001.** editor. Plastics Additives Handbook. 5th ed. Munich: Hanser Publisher; p 3 and p 142.

Polymer Additives

Mandana Zorman^{*3}, Peyman Rajaei⁴

Received: 2021/10/23

Accepted: 2021/11/23

ABSTRACT

Polymer additives have shown significant impacts on packaging materials. Enhancements in polymer performance have paved the way for new and innovative production methods. Diverse additives offer processing and production improvements. Plastic additives have a small share in plastic materials, yet they profoundly affect the quality of plastic products. Due to distinct processing methods and usage conditions, various types of plastics require different and varying amounts of additives. The main objective of incorporating additives into plastics is to enhance processing performance, increase efficiency, and decrease costs. The present paper examines the historical growth of polymer additives, their different categories, and their significance. While there are various types of additives, this study focuses on those enhancing processing capabilities and improving polymers' functional properties.

Keywords: Plastic Additives, Antioxidants, Fillers, Antistatic Agents, Pigments, Flame Retardants, Blowing Agents, Lubricants.

³ Ph.D. student in Food Industry Engineering, Food Technology Field of Study, Islamic Azad University, Varamin-Pishva Branch

⁴ Assistant Professor, Department of Food Industries, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Varamin-Pishva Branch

* Corresponding Author: mandana.zorman@gmail.com