

The Effect of Temperature, Water Activity, pH  
and Time on the Growth of *Aspergillus niger*,  
*Alternaria alternata* and *Penicillium* sp.  
in the historical papers

Somaieh Mohsenian<sup>1</sup> | Mehrnaz Azadi<sup>2</sup> | Maryam Afsharpour<sup>3</sup> | Farhang Mozafar<sup>4</sup>

**Abstract:**

**Purpose:** To examine material the effect of microorganisms responsible for the biodegradation process of old paper.

**Method and Research Design:** The effect of temperature (5–40 °C), water activity (aw; 0.80-0.99) on Munktel paper 393 (100% cellose) with pH values of 3 to 9 in 168 hour and their interactions with the temporal rates of germination and mycelial growth of three mycotoxigenic strains of *Aspergillus niger*(PTCC 5251), *Alternaria alternata* (PTCC: 5224) and *Penicillium* sp. (PTCC: 5224) in vitro was measured on historical papers. The aw of the media was controlled with glycerol.

**Findings and Conclusion:** The most important factor influencing the growth of the above mentioned fungi is water activity, then temperature and finally pH. Therefore, the most effective way to prevent biodegradation of papers of art works is to reduce water activity in them. Reducing water activity along with temperature control and deacidification minimizes the process of biodegradation.

C, aw: 0.98 and, pH: 6.5 for *Alternaria alternata*. C, aw: 0.97 and, pH: 6.5 for *Aspergillus niger* and T:25 C, aw: 0.99, pH:6 for *Penicillium* sp., T:30 The optimum growth occurred at T: 25

**Keywords:**

Historical papers; Biodegradation; *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Penicillium* sp.

1. PhD Student, Preservation of Cultural and Historical Artefacts, Isfahan University of Fine Arts, Isfahan, I. R. Iran.

somaieh11@gmail.com

2. Assistant Professor, School of Preservation of Cultural and Historical Artefacts, Isfahan University of Fine Arts, Isfahan, I. R. Iran. (corresponding author); m.azadi@au.ac.ir

3. Associate Professor, Mineral Chemistry, Iranian Institute for Chemistry & Chemical Engineering, Tehran, I. R. Iran. afsharpour@ccerci.ac.ir

4. Associate Professor, The School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, I. R. Iran. m.mozaffar@au.ac.ir

Copyright © 2017-2018, NLAI (National Library & Archives of I. R. Iran). This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International, which permits others to download this work, share it with others and adapt the material for any purpose.





فصلنامه تحقیقات تاریخی  
و مطالعات آرشیمی

# ارزیابی تأثیر متغیرهای دما، فعالیت آبی، غلظت یون هیدروژن (pH)، و زمان، بر رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر، پنی سیلیوم sp. و آلترناریا آلترناتا در کاغذهای تاریخی

سیده سمیه محسنیان<sup>۱</sup> | مهرناز آزادی<sup>۲</sup> | مریم افشارپور<sup>۳</sup> | فرهنگ مظفر<sup>۴</sup>

## چکیده:

**هدف:** ارزیابی تأثیر شرایط محیطی اثرگذار (دما، فعالیت آبی (a<sub>w</sub>), pH, زمان) بر رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر، پنی سیلیوم sp. و آلترناریا آلترناتا.

**روش/ رویکرد پژوهش:** برای گردآوری داده‌های این تحقیق از مطالعات تجربی استفاده شده است؛ به طوری که تأثیر جداگانه دما از ۵ تا ۴۰ درجه سلسیوس، تأثیر فعالیت آبی (نیاز رطوبتی) در مقادیر ۰٫۸۰، ۰٫۸۵، ۰٫۹۰، ۰٫۹۵، ۰٫۹۷، ۰٫۹۸، ۰٫۹۹، تأثیر غلظت یون هیدروژن (pH) از ۳ تا ۹، و تأثیر زمان به مدت ۱۶۸ ساعت بر میزان رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر، پنی سیلیوم، و آلترناریا آلترناتا و همچنین اثر متقابل این عوامل بر میزان رشد در شرایط آزمایشگاهی (in vitro) ارزیابی شده است. سایر عوامل فرعی مؤثر در رشد این قارچ‌ها ثابت در نظر گرفته شده است. هم‌چنین از آنجاکه کاغذ تاریخی برای انجام این آزمون‌ها در دسترس نبود، نمونه کاغذ صافی مانکتل ۳۹۳ (سلولز خالص) پیرسازی تسریعی شد و از آن برای انجام آزمون‌ها استفاده شد. در ضمن تمام آزمون‌ها در محیط کشت سیب‌زمینی دکستروز آگار (PDA) انجام شد. برای تهیه سوسپانسیون استاندارد قارچ اسپرژیلوس نایجر، رقت تنظیم شده ۱۰<sup>۵</sup> × ۱-۵ و ۱۰<sup>۶</sup> × ۱-۵ (CFU/ml) و برای قارچ‌های آلترناریا آلترناتا و پنی سیلیوم ۱ × ۱۰<sup>۶</sup> سلول به ازای هر میلی‌لیتر سوسپانسیون قارچی (۱ × ۱۰<sup>۶</sup> CFU/ml) است.

**یافته‌ها و نتیجه‌گیری:** یافته‌های این تحقیق نشان داد که وضعیت مطلوب برای رشد قارچ اسپرژیلوس نایجر دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، فعالیت آبی (نیاز رطوبتی): a<sub>w</sub> = ۰٫۹۷، و اسیدیته: pH = ۶٫۵ است و وضعیت مطلوب برای رشد قارچ آلترناریا آلترناتا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، a<sub>w</sub> = ۰٫۹۸، pH = ۶٫۵ است و وضعیت مطلوب برای رشد قارچ پنی سیلیوم دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، a<sub>w</sub> = ۰٫۹۹، pH = ۶ است. دیگر نتیجه این تحقیق آن است که عامل فعالیت آبی بیشترین تأثیر را بر میزان رشد شعاعی قارچ‌های مورد مطالعه داشت؛ بعد از آن دما و در آخر pH از عوامل مؤثر بر رشد این قارچ‌ها بودند. از این‌رو بهترین و مؤثرترین راه پیشگیری از فرسایش بیولوژیکی در آثار کاغذی، کاهش فعالیت آبی در آن‌هاست. هم‌چنین اگر کاهش فعالیت آبی در کاغذهای تاریخی با کنترل دما و اسیدزدایی همراه شود، روند فرسایش بیولوژیکی ناشی از فعالیت قارچ‌های مورد مطالعه به کمترین میزان کاهش می‌یابد.

## کلیدواژه‌ها:

کاغذ تاریخی؛ آسیب بیولوژیک؛ دما؛ فعالیت آبی (a<sub>w</sub>)؛ غلظت یون هیدروژن (pH)؛ زمان؛ اسپرژیلوس نایجر؛ آلترناریا آلترناتا؛ پنی سیلیوم

## گنجینه اسناد

«۱۱۱»

فصلنامه علمی- پژوهشی | سازمان اسناد و کتابخانه ملی ج.ا.ایران - پژوهشکده اسناد

شاپا (چاپی): ۱۰۲۳-۳۶۵۲ | شاپا (الکترونیکی): ۲۵۳۸-۲۲۶۸

شناسانه برنمود رقمی (DOI): 10.22034/ganj.2018.2302

نمایه در ISC، SID، و ایران ژورنال | http://ganjineh.nlai.ir

سال ۲۸، دفتر ۳، پاییز ۱۳۹۷ | صص: ۱۶۶-۲۰۲ (۳۷)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۱۸ | تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۸

مطالعات آرشیمی

۱. دانشجوی دکتری حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی-فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.  
somaieh11@gmail.com

۲. استادیار، عضو هیئت علمی دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران؛ (نویسنده مسئول).  
mazadi@au.ac.ir

۳. دانشیار، عضو هیئت علمی پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران، تهران، ایران.  
afsharpour@ccerci.ac.ir

۴. دانشیار، عضو هیئت علمی دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.  
m.mozaffar@au.ac.ir



## مقدمه

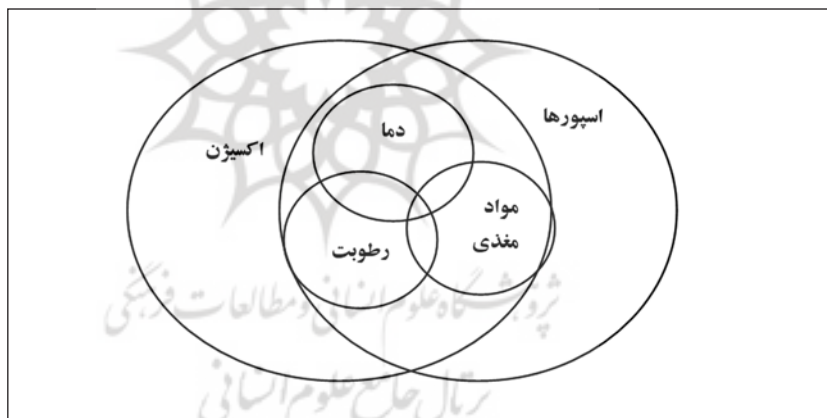
طی قرون متمادی بخش عمده‌ای از میراث فرهنگی به اشکال مختلف بر روی کاغذ ثبت شده است و این کاغذها در معرض آسیب‌های بیولوژیک به ویژه آسیب‌های ناشی از فعالیت قارچ‌ها قرار دارند (Floian, 2004; Michaelsen et al., 2013; Rakotonirainy et al., 2007; Zotti and Ferroni, 2008; Mesquita et al., 2009). قارچ‌ها و باکتری‌ها بیشترین عوامل آسیب‌رسان به مواد آلی در موزه‌ها، آرشیوها و کتابخانه‌ها هستند (Zajic et al., 1982; Konkolet al., 2010). کتاب‌ها به‌طور ویژه‌ای برای رشد میکروارگانیسم‌ها مساعدند؛ زیرا علاوه بر سلولز، مواد آلی دیگری مانند نشاسته و چرم نیز در آن‌ها به کار رفته است که می‌تواند به وسیله قارچ‌ها استفاده شود.

اسپورهای فعال و غیرفعال قارچ‌ها در همه جا وجود دارند. این اسپورها بر روی آثار و در هوا معلق اند (Florian, 2004). اندازه اسپور کپک‌ها بین ۳-۶۰ میکرومتر متفاوت است و می‌تواند برای سال‌های سال بارور باقی بماند. برای نمونه اسپور برخی از قارچ‌ها از جمله اسپریلوس ۱ و پنی سیلیوم ۲ بیش از ۱۲ سال دوام می‌آورد. در ضمن با رشد قارچ‌های کپکی میلیون‌ها اسپور - بسته به وضعیت‌های متفاوت - تولید می‌شوند که با مساعد شدن وضعیت محیطی، فعالیت و رشد خود را آغاز می‌کنند (Martens, 2012). قارچ‌ها قدرت تولید مثل سریع و فعالیت بیولوژیکی زیادی دارند و به همین علت، به راحتی خود را با محیط‌های گوناگون سازگار می‌کنند و با سرعت روی بسترهای گوناگون تکثیر می‌شوند (Haines and Kohler, 1980; Kowalik, 1980; Raquel Neves et al., 2009; Parker, 1988). به‌طور معمول آسیب ناشی از آلودگی‌های قارچی به میزان بسیار کم شروع می‌شود و سپس عوامل نامناسب محیطی (مانند دما و رطوبت نسبی) به آن شتاب می‌بخشد (Szczepanowska and Moomaw, 1994). طی فرسایش ناشی از قارچ‌ها، بافت میسلیم قارچ روی لایه بیرونی اثر را می‌پوشاند و به آن می‌چسبد (Ljaljević et al., 2008; Pinzari et al., 2006; Borrego et al., 2010; Zotti et al., 2011). حمله قارچ‌ها به الیاف سلولزی سبب تضعیف این الیاف (کاهش استحکام ساختاری) و تغییرات رنگی بر روی آن‌ها می‌شود (Florian, 2004; Zotti et al., 2008; Abe, 2010; Borrego et al., 2010; Gutarowska et al., 2012). این تغییرات بر سطح آثار کاغذی به شکل لکه‌های رنگی گوناگون است. برای نمونه قارچ‌ها سبب ایجاد فاکسینگ و یا بی‌رنگ شدن - باختگی - و یا ایجاد لکه‌های زرد رنگ در آثار کاغذی می‌شوند (Berovic, 2003). هم‌چنین لکه‌های رنگی قارچ بر روی دست‌نوشته‌ها علاوه بر اختلال در خوانایی نوشته، ارزش‌های زیبایی‌شناختی اثر را نیز تهدید می‌کند. (Florian, 2004; Pinzari et al., 2006; Hidalgo and Borrego, 2006; Michaelsen et al., 2012).

1. *Aspergillus* sp.
2. *Penicillium* sp.



در ضمن رسوب قارچ‌های موجود در هوای کتابخانه‌ها بر روی کتاب‌ها و قفسه‌ها موجب تماس افراد با تعداد زیادی از اسپورهای قارچی می‌شود که می‌تواند سبب واکنش‌های حساسیتی زیادی بشود. تماس با کپک‌ها هم‌چنین می‌تواند منجر به عوارضی نظیر آزار غشاهای مخاطی، سردرد، اختلال در توجه و حتی عوارض مزمنی نظیر سرطان در اشخاص شود (Florian, 1997; Schleibinger et al., 2008; ReisMenezes et al., 2011). برای کنترل آسیب‌های ناشی از فعالیت و رشد قارچ‌ها، بررسی عوامل محیطی مؤثر در رشد قارچ‌ها اهمیتی فراوان دارد. رشد قارچ‌ها متأثر از بسیاری عوامل نظیر: رطوبت نسبی، فعالیت آبی ( $a_w$ ) [پی‌نوشت ۱]، دما، نور، زمان، میزان pH، اکسیژن، میزان نمک، اسپور قارچ‌ها در محیط و مواد مغذی (EC, 1994) است. طبق گفته برخی محققان از بین عوامل مذکور فعالیت آبی، دما، pH و زمان از مهم‌ترین عوامل مؤثر در رشد قارچ‌ها محسوب می‌شوند (AbdelHadiand Naresh, 2009; Nguyen Van Long et al., 2017). عده‌ای از پژوهشگران بیان می‌کنند که اغلب pH اسیدی، محرکی در رشد قارچ‌هاست (Nitterus, 2000). گروهی دیگر بر این اعتقادند که pH، نقشی مهم در جوانه‌زنی و تشکیل سموم قارچ دارد.



## تصویر ۱

عوامل اصلی تأثیرگذار برای رشد و  
فعالیت قارچ‌های کپکی (Ontario  
Association of Architects, 2003)

در بین قارچ‌های کپکی، گونه‌های اسپرژیلوس، پنی سیلیوم، آلترناریا، کلاوسپوریوم<sup>۱</sup>، فوزاریوم<sup>۲</sup>، و کاتمیوم قادرند سلولز را تجزیه کنند (Ponce-Jimenez et al., 2002)؛ هم‌چنین در بین این گونه‌های قارچی، به ترتیب اسپرژیلوس نایجر<sup>۳</sup> [پی‌نوشت ۲]، پنی سیلیوم [پی‌نوشت ۳] و آلترناریا آلترناتا<sup>۴</sup> [پی‌نوشت ۴] بیشترین آسیب را به آثار کاغذی وارد می‌کنند؛ آثاری که اغلب با مواد کتابخانه‌ای در ارتباطند (قه‌ری، ۱۳۸۵)؛ (Sidhu, 2002; Shamsian et al., 2006).

1. *Alternaria* sp.
2. *Cladosporium* sp.
3. *Fusarium* sp.
4. *Chaetomium* sp.
5. *Aspergillus niger*
6. *Alternaria alternata*



هم‌چنین این قارچ‌ها به دلیل ظرفیت زیادشان در رشد و نمو در شرایط مناسب رشد قارچ‌ها (از جمله: محیط‌های کشت گوناگون مثل مواد مغذی متفاوت (کاغذ، چوب، پارچه و...)، pH پایین،  $a_w$  پایین و دمای پایین) در محیط بسیار گسترده‌اند (Atanda et al., 2011). چون این قارچ‌ها آسیب‌هایی جدی و برگشت‌ناپذیر به کاغذهای تاریخی وارد می‌کنند و از عوامل اصلی در ایجاد بیماری‌های قارچی در انسان‌ها نیز به‌شمار می‌آیند، برای انجام تحقیق پیش‌رو انتخاب شدند. در تحقیق پیش‌رو تأثیر عوامل دما، فعالیت آبی ( $a_w$ )، pH، و زمان بر رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نیجر، پنی سیلیوم، و آلترناریا آلترناتا در کاغذهای تاریخی از طریق مطالعات تجربی بررسی شد. تاکنون تحقیقی درباره میزان رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نیجر، پنی سیلیوم، و آلترناریا آلترناتا بر اثر متغیرهای دما، فعالیت آبی ( $a_w$ )، pH، و زمان، در بستر کاغذ انجام نشده‌است.

البته محققان بسیاری تأثیر عوامل محیطی را بر رشد قارچ‌ها بررسی کرده‌اند، ولی اغلب این مطالعات در حوزه صنایع غذایی (Gock et al., 2003; Plaza et al., 2003; Magan and Lacey, 1984; Mari'n et al. 1996) و حوزه مواد و مصالح ساختمانی (Viitanen and Bjurman, 1995; Pasanen et al., 2000; Nielsen et al., 2004) انجام شده در این دو حوزه، تأثیر هر یک از متغیرهای دما، فعالیت آبی ( $a_w$ )، و زمان را بر رشد و جوانه‌زنی قارچ‌های کپکی از جمله اسپرژیلوس نیجر و آلترناریا آلترناتا بررسی کرده‌اند. برخی از این مطالعات یکی از این متغیرها و برخی دو متغیر و برخی متغیرهای دما، فعالیت آبی، pH، و زمان را در کنار هم بررسی کرده‌اند؛ ولی هیچ‌یک از این مطالعات به تأثیر دما، فعالیت آبی، pH، و زمان بر رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نیجر، پنی سیلیوم، و آلترناریا آلترناتا در کاغذ و هم‌چنین کاغذهای تاریخی اشاره‌ای نکرده‌اند.

تحقیق حاضر به دنبال پاسخ به این مسئله است که برای پیشگیری از رشد قارچ‌ها در کاغذهای تاریخی چه تمهید ویژه‌ای باید بر اساس نوع و گونه قارچ در نظر گرفته شود؟ و یا در صورتی که کاغذ دچار آلودگی قارچی شد، بدون توجه به نوع و گونه قارچ چه تمهید عمومی‌ای باید برای کنترل رشد قارچ‌ها مدنظر قرار گیرد؟

### پرسش تحقیق

کدام یک از متغیرهای تأثیرگذار بر رشد و فعالیت قارچ‌ها (دما، فعالیت آبی، pH، و زمان) بیشترین اثر را بر رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نیجر، پنی سیلیوم، و آلترناریا آلترناتا در کاغذ دارد؟

به عبارت دیگر با برهم‌زدن کدام یک از عوامل مؤثر بر رشد قارچ‌ها از جمله دما،



فعالیت آبی، pH، و زمان، و تا چه اندازه‌ای می‌توان آسیب‌های ناشی از فعالیت قارچ‌های آسپرژیلوس نایجر، پنی‌سیلیوم و آلترناریا آلترناتا را در کاغذ کنترل کرد؟ یافته‌های این تحقیق می‌تواند پایه‌ای برای مطالعات حوزه حفاظت و نگهداری کاغذهای تاریخی باشد؛ هم‌چنین این یافته‌ها برای کنترل روند فرسایش بیولوژیکی ناشی از فعالیت قارچ‌های آسپرژیلوس نایجر، پنی‌سیلیوم، و آلترناریا آلترناتا در کاغذ حیاتی‌اند. درضمن از این یافته‌ها برای مدل‌سازی ریاضی پیش‌بینی خطر رشد این قارچ‌ها در کاغذهای تاریخی استفاده خواهد شد؛ این موضوع از اهداف بعدی نگارندگان است.

## مواد و روش‌ها

مطالعات تجربی این تحقیق در آزمایشگاه فوق تخصصی میکروبیولوژی و پری‌بیوتیک از مجموعه آزمایشگاه‌های جامع علمی تحقیقاتی دانشگاه شهید بهشتی در دو مرحله زیر انجام شده است:

### مرحله اول: آماده‌سازی نمونه‌ها

#### • تهیه نمونه‌های کاغذی

به دلیل دسترسی نداشتن به کاغذهای تاریخی، برای مطالعات تجربی از کاغذ فیلتر آزمایشگاهی مانکتل ۳۹۳ [پی‌نوشت ۵]، به عنوان کاغذهای نمونه آزمایشگاهی (به دلیل محتوای سلولز w/w ۱۰۰٪) استفاده شد. هم‌چنین برای دست‌یابی به نتایج دقیق‌تر، با پیرسازی تسریعی دما-رطوبت [پی‌نوشت ۶] این کاغذها سعی شد تا وضعیت این کاغذها به وضعیت کاغذهای تاریخی نزدیک شود.

#### • پیرسازی تسریعی دما-رطوبت نمونه‌های کاغذ

ابتدا نمونه کاغذهای مانکتل به شکل دایره با قطر ۲۰ میلی‌متر آماده شد و برای نزدیک کردن وضعیت نمونه‌ها به وضعیت کاغذهای تاریخی، نمونه کاغذها، پیرسازی تسریعی شدند. بدین‌منظور ابتدا کاغذها برای انجام آزمون، طبق استاندارد ISIRI: 133 نمونه‌برداری شدند. در ادامه نمونه‌های مشروط‌شده کاغذ طبق استاندارد شماره ISIRI: 106-A1 انجام شد. سپس نمونه‌های مشروط‌شده کاغذ به مدت ۲۴۰ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵ درصد براساس استاندارد شماره ISIRI: 4706 برای پیرسازی تسریعی دما-رطوبت در دستگاه ایجینگ (Binder KBF1150695712) قرار گرفتند.



### • سترون کردن (استریل کردن)

- ابزار آزمایشگاهی

تمام ابزارهای آزمایشگاهی طبق استاندارد ملی ISIRI: 9597، در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱۵ پوند بر اینچ مربع به مدت ۱۵ دقیقه با دستگاه اتوکلاو استریل شدند.

- نمونه کاغذهای پیرسازی شده

برای استریل کردن نمونه کاغذهای پیرسازی شده، ابتدا سطح این کاغذها با فیلدوپلاتین استریل خراش داده شد، سپس کاغذها در شیشه دردار قرار داده شد و طبق استاندارد ملی ISIRI: 9597، در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱۵ پوند بر اینچ مربع به مدت ۱۵ دقیقه با دستگاه اتوکلاو استریل شد.

- محیط کشت

محیط کشت نیز پس از آماده سازی، طبق استاندارد ملی ISIRI: 9597 استریل شد.

### • آماده سازی محیط کشت (PDA) (Potato Dextrose Agar)

پس از تهیه محیط کشت سیب زمینی دکستروز آگار<sup>۱</sup> (Merck 110130)، ۳۹ گرم از این ماده در یک لیتر (۱۰۰۰ میلی لیتر) آب مقطر حل شد. پس از حل شدن کامل آن با آب مقطر، محلول در لوله های درپوش دار ۱۶×۱۶ میلی لیتری تقسیم شد و با استفاده از اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس با فشار ۱۵ پوند بر اینچ مربع به مدت ۱۵ دقیقه استریل شد. سپس لوله های حاوی محیط کشت PDA به مدت ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس انکوبه شدند و سپس در یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. برای جلوگیری از کاهش فعالیت سوش و آلودگی های احتمالی، هر ماه یکبار اسلنت های جدیدی از آن تهیه شد.

البته برای تنظیم میزان فعالیت آبی ( $a_w$ ) و غلظت یون هیدروژن (pH) برای بررسی این عوامل بر رشد هر یک از قارچ های اسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا و پنی سیلیوم از روش ترکیب مواد مورد نیاز برای تنظیم این دو عامل با محیط کشت استفاده شد (در ادامه مقاله به طور کامل شرح داده شده است).

برای تهیه سوسپانسیون استاندارد از قارچ های اسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم طبق استاندارد (M38-P, v. 18, no. 13, Nov. 1998) از حاشیه تازه رویدة کلنی قارچ های اسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم-که روی محیط PDA کشت داده شده بودند (کشت هفت روزه)-استفاده شد. برای این کار، براساس توصیه آراجو و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) به کمک آنس استریل از سطح کلنی رشد کرده در محیط PDA اسپور برداشته شد و برای تنظیم فعالیت آبی با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر استریل محتوی ۰/۰۵٪

1. Potato dextrose agar (PDA)  
2. Araujo and Rodrigues and Pina-Vaz, 2004



قطره توئین ۸۰ (Merck KGaA, 817061) [پی‌نوشت ۸] و گلیسرول ۸۷٪ (Merck 4094) مخلوط شد (Araujo and Rodrigues and Pina-Vaz, 2004)؛ هم‌چنین برای پیشگیری از آلودگی محیط کشت، سوسپانسیون قارچ‌ها در زیر هود میکروب‌شناسی تهیه شد (میزان رقت هریک از گونه‌های قارچی اسپرژیلوس نایجر، پنی‌سیلیوم، و آلترناریا آلترناتا در زیر شرح داده شده است). پس از همگن شدن سوسپانسیون، برای استاندارد کردن سوسپانسیون مقدار ۱۰ میکرولیتر سوسپانسیون مذکور روی لام نئوبار<sup>۳</sup> (لام شمارش سلول‌های خونی) قرار داده شد و تعداد اسپورهای قارچی در خانه‌های شمارش گلبول‌های سفید در زیر میکروسکوپ شمارش شد (Araujo and Rodrigues and Pina-Vaz, 2004) و عدد حاصل در ضریب ۱۰ (فاصله لام از لامل) و ۱۰۰ (برای به دست آوردن تعداد سلول‌ها در میلی‌لیتر) ضرب شد (امیدی تبریزی، ۱۳۸۳). مطابق با توصیه Paule-Marina Nanguy و همکاران (۲۰۱۰)، برای به حداقل رساندن تأثیر بالقوه تغییر فعالیت آبی (a<sub>w</sub>) بر سوسپانسیون قارچی و رشد قارچ‌ها، سوسپانسیون قارچی تهیه شده به سرعت (کمتر از ۵ دقیقه) برای تلقیح محیط‌های کشت استفاده شد. در مرحله آخر، هریک از پلیت‌های حاوی محیط کشت (نمونه‌های کاغذ) شماره گذاری شد. سپس سطح کاغذهای نمونه که در ظرف‌های کشت قرار گرفته بودند، با سوسپانسیون قارچ‌های تهیه شده، تلقیح شدند. در این راستا ۵۰ میکرولیتر از هریک از سوسپانسیون‌های آماده شده، با سمپلر به روش تلقیح نقطه‌ای به مرکز پلیت منتقل شد. پس از تلقیح، برای حفظ رطوبت پتری‌دیش‌ها (کم‌آب‌نشدن) تمام ظرف‌ها با پارافیلیم مهر و موم شدند و در انکوباتور به مدت ۴ هفته قرار گرفتند.

### قارچ اسپرژیلوس نایجر

رقت حاصل برای قارچ اسپرژیلوس نایجر به صورتی تهیه شد که تعداد سلول‌های موجود در آن  $1 \times 10^6$  سلول به ازای هر میلی‌لیتر سوسپانسیون قارچی ( $1 \times 10^6$  CFU/ml) است (Petrikkou et al., 2001; Dagnas and Onno and Membre, 2014).

### قارچ پنی‌سیلیوم و آلترناریا آلترناتا

برای قارچ پنی‌سیلیوم و آلترناریا آلترناتا رقت حاصل به صورتی تهیه شد که تعداد سلول‌های موجود در آن  $51 \times 10^5$  و  $51 \times 10^4$  (CFU/ml) است.

1. Glycerol
2. dilution: رقیق‌شدگی
3. Neubauer's chamber (haemocytometer)
4. Profilim
5. Colony-Forming Unit





## مرحله دوم: طراحی آزمون‌ها برای بررسی تأثیر دما، فعالیت آبی ( $a_w$ )، pH، و زمان بر رشد قارچ‌ها

روند رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر (PTCC: 5012)، آلترناریا آلترناتا (PTCC: 5224)، و پنی سیلیوم (PTCC: 5251) تحت تأثیر دماهای مختلف (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، و ۴۰ درجه سلسیوس) و فعالیت آبی [پی‌نوشت ۹] (۰٫۸۰، ۰٫۸۵، ۰٫۹۰، ۰٫۹۵، ۰٫۹۷، ۰٫۹۸، ۰٫۹۹) و pH (۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹) از طریق میزان رشد شعاعی بررسی شد. هم‌چنین برای بررسی تأثیر متغیر زمان، میزان رشد این قارچ‌ها در وضعیت مطلوب (دما، فعالیت آبی، و pH مطلوب) به مدت ۱۶۸ ساعت بررسی شد. سایر عوامل تأثیرگذار فرعی بر رشد این قارچ‌ها از جمله شدت نور هم ثابت در نظر گرفته شد (تمام آزمون‌ها در تاریکی انجام شد). تمامی آزمایش‌ها برای افزایش صحت و دقت ۴ بار انجام شد؛ آنالیزها هم با نرم‌افزار SPSS 22 انجام شد.

گفتنی است که برای تنظیم فعالیت آبی ( $a_w$ ) محیط کشت، با هدف بررسی تأثیر فعالیت آبی بر رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا و پنی سیلیوم، براساس توصیه‌های پیت و هاکنینگ (۱۹۷۷) و دی‌لین<sup>۱</sup> (۱۹۷۸) از گلیسرول ۸۷٪ به دلیل ماهیت هیگروسکوپی و نقش آن به عنوان پلاستی‌سایزر (تأثیر گلیسرول در جذب رطوبت) استفاده شد. بدین منظور هنگام آماده‌سازی محیط کشت PDA، محلول گلیسرول و آب مقطر به آن اضافه شد (Dallyn, 1978; Pitt and Hocking, 1977). سپس از  $a_w$  متر (aw meter, Testo 400) [پی‌نوشت ۱۰] برای اندازه‌گیری و کنترل فعالیت آبی مورد نظر استفاده شد. برای تنظیم فعالیت آبی محیط کشت از جدول زیر استفاده شد:

فعالیت آبی ( $a_w$ )	میزان گلیسرول ۸۷٪ برحسب گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب
۰٫۹۰	(۲۵٫۶)
۰٫۹۵	۱۶٫۳
۰٫۹۷	۶٫۷
۰٫۹۸	۵
۰٫۹۹۵	بدون افزودن گلیسرول

1. Dallyn

### جدول ۱

میزان استفاده از گلیسرول ۸۷٪ برای تنظیم فعالیت آبی محیط کشت PDA



برای تنظیم pH محیط کشت هم از ترکیبات اسیدی و بازی ضعیف استفاده شد تا بافت کاغذ را به هم نریزد. البته این کار بعد از استریل شدن و خنک شدن محیط کشت (تا دمای ۲۵°C) انجام شد و مقدار pH در حد مورد نظر (۰/۲ ±) تنظیم شد. بدین ترتیب که ترکیبات شیمیایی مختلفی برای تنظیم pH به محیط کشت اضافه شد و بعد از ۶ روز میزان pH محیط کشت برای حصول اطمینان با pH متر Jenway 3305 (مجهز به الکتروود شیشه‌ای) اندازه‌گیری و کنترل شد (Gorski and Ritzert 1977; ISO 65881: 2005).

در این راستا برای تنظیم pH ۲، ۳، ۴ و ۵ از سیترات سدیم<sup>۱</sup> یا اسیدسیتریک<sup>۲</sup>، و برای تنظیم pH ۹-۶ از مونوپتاسیم فسفات<sup>۳</sup> استفاده شد.

Measured pH	Buffer A (x ml) (mol l <sup>-1</sup> )		Buffer B (y ml) (mol l <sup>-1</sup> )		pH value after 6-day incubation
3.1	0.2 Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	20.4	0.1 citric acid	82	3.0
3.7	0.1 sodium citrate	68	0.1 citric acid	39	3.6
4	0.1 sodium acetate	30	0.1 acetic acid	80	4.0
4.3	0.2 sodium citrate	38	0.1 citric acid	100	4.2
4.9	0.1 sodium citrate	30	0.1 citric acid	61	4.7
5.1	0.2 sodium citrate	90	0.1 citric acid	70	5.1
5	0.1 sodium acetate	74	0.1 acetic acid	100	5.0
6	0.25 KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	0.25 NaOH	24	5.9
7	0.2 Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	16.5	0.1 citric acid	3.5	6.9
7.655	0.2 Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	19.45	0.1 citric acid	0.55	7.6
8	0.1 Tris aminomethane hydroxymethyl	100	0.1 HCl	58.4	8.0
9	0.1 Tris aminomethane hydroxymethyl	100	0.1 HCl	11.4	9.0
9	0.025 Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	100	0.1 HCl	9.2	9.0
10	0.025 Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	100	0.1 NaOH	36.6	10.0
10	0.05 NaHCO <sub>3</sub>	100	0.1 NaOH	21.4	10.0
11	0.05 NaHCO <sub>3</sub>	100	0.1 NaOH	45.4	11.0
11	0.05 NaHPO <sub>4</sub>	100	0.1 NaOH	8.2	11.0

## جدول ۲

مطلوب‌های بافر استاندارد برای تنظیم pH  
محیط کشت  
(PDAGorski and Ritzert, 1977)

گفتنی است که اغلب قارچ‌ها در pH ۸-۴ بهترین فعالیت را دارند؛ بنابراین برای بررسی تأثیر دما و فعالیت آبی بر میزان رشد قارچ‌های مورد مطالعه، pH محیط کشت ۶ (میانگین ۴-۸) در نظر گرفته شد.

## اندازه‌گیری میزان رشد شعاعی (Radial growth rate)

برای اندازه‌گیری میزان رشد شعاعی، پتری‌دیش‌های حاوی محیط کشت قارچ‌های انتخاب شده، در دما، فعالیت آبی، و pH های متفاوت در انکوباتور نگهداری شدند. پس از ۴ هفته انکوبه شدن، از ابتدای هفته پنجم به مدت یک هفته و به صورت روزانه قطر پرگنه در هر تیمار دمایی، فعالیت آبی (a<sub>w</sub>)، pH، و زمان با کولیس اندازه‌گیری شد و در نهایت میزان رشد شعاعی روزانه کلنی در هر تیمار دمایی، فعالیت آبی و pH، و زمان، برای قارچ‌های انتخاب شده به دست آمد (Goldfarb et al. 1989).

1. Sodium Citrate (NaC<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>)
2. Citric acid (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>)
3. Monopotassiumphosphate (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)



## یافته‌ها

بررسی تأثیر دما بر رشد قارچ‌های آسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم در نمونه‌های آماده‌شده

برای بررسی تأثیر دما بر میزان رشد قارچ‌های آسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا و پنی سیلیوم، با سمپلر ۵۰ میکرولیتر از سوسپانسیون تهیه‌شده از هر کدام از قارچ‌ها، بر روی نمونه‌های آماده‌شده (در پتری دیش‌ها) تلقیح شد. پتری دیش‌ها در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، و ۴۰ درجه سلسیوس و در فعالیت آبی (a<sub>w</sub>) ۰٫۹۹؛ ۰٫۹۰؛ ۰٫۹۷ و در pH ۶ به مدت ۴ هفته در تاریکی انکوبه شدند. پس از ۴ هفته، از ابتدای هفته پنجم به مدت یک هفته و به صورت روزانه قطر کلنی پتری دیش‌ها اندازه‌گیری شد. البته پس از بررسی نتایج آزمایش‌ها در مرحله بعدی - یعنی بررسی تعیین میزان مطلوب فعالیت آبی برای هر یک از گونه‌های قارچی و مشخص شدن میزان مطلوب فعالیت آبی برای رشد قارچ آلترناریا آلترناتا علاوه بر موارد ذکر شده، میزان تأثیر فعالیت آبی ۰٫۹۸ هم در رشد قارچ آلترناریا آلترناتا در دماهای مختلف بررسی شد.

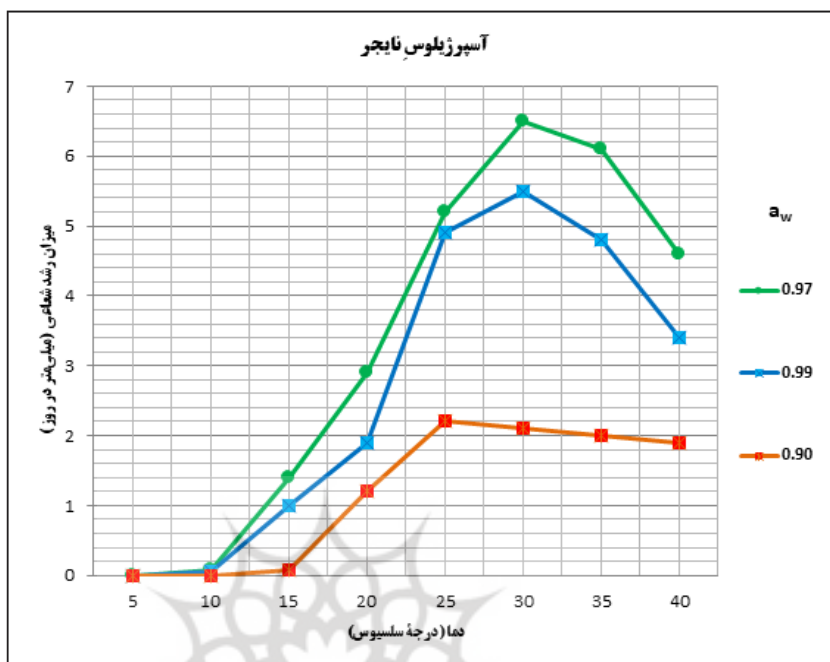
انواع گونه قارچ	دما (°C)					
	جوانه‌زنی اسپور		رشد میسیلیوم			
	حداقل	مطلوب	حداکثر	حداقل	مطلوب	حداکثر
آسپرژیلوس نایجر	۱۰	۳۵	۴۰	۵	۳۰	۴۰
آلترناریا آلترناتا	۵	۳۵	۴۰	۵	۲۵	۳۰
پنی سیلیوم sp.	۵	۲۵	۳۵	۵	۲۵	۳۵

### جدول ۳

میزان حداقل، حداکثر، و مطلوب دما برای رشد و جوانه‌زنی قارچ‌های آسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا و پنی سیلیوم در فعالیت آبی مطلوب برای هر یک از گونه‌های قارچی و pH ۶



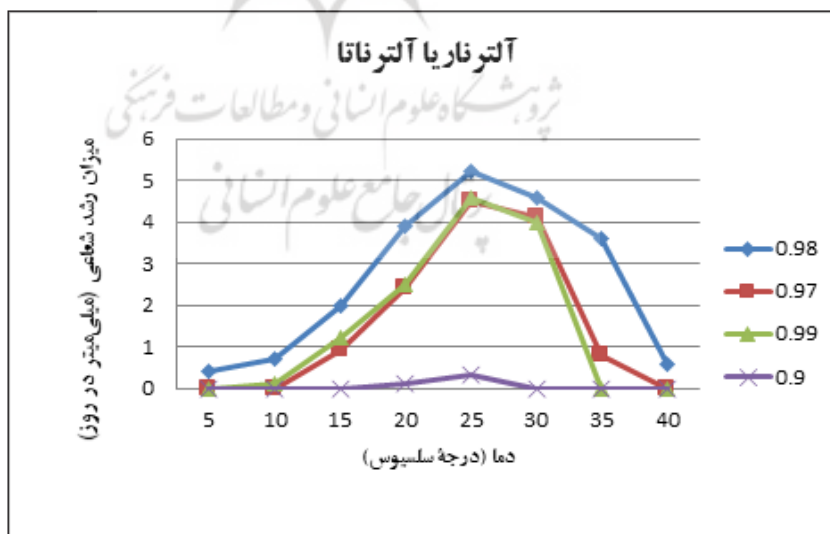
## آسپرژیلوسِ نایجر



### تصویر ۲

تأثیر دماهای مختلف بر رشد آسپرژیلوسِ نایجر در  $a_w$  ۰٫۹۰، ۰٫۹۹ و  $a_w$  مطلوب ۰٫۹۷ در pH ۶، پس از ۴ هفته

## آلترناریا آلترناتا

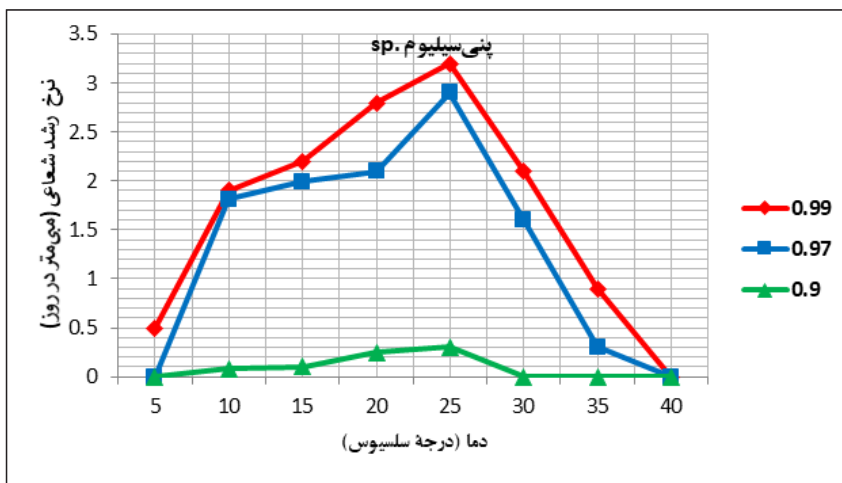


### تصویر ۳

تأثیر دماهای مختلف بر رشد آلترناریا آلترناتا در  $a_w$  ۰٫۹۷، ۰٫۹۸ و  $a_w$  مطلوب ۰٫۹۸ در pH ۶، پس از ۴ هفته



## پنی سیلیوم sp.



### تصویر ۴

تأثیر دماهای مختلف بر رشد پنی سیلیوم sp.  
در  $a_p$  ۰٫۹۰، ۰٫۹۷ و  $a_p$  مطلوب ۰٫۹۹ در  
۶ پس از ۴ هفته

## بررسی تأثیر فعالیت آبی بر رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا و پنی سیلیوم در نمونه‌های آماده شده

برای بررسی تأثیر فعالیت آبی بر میزان رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا و پنی سیلیوم، با سمپلر ۵۰ میکرولیتر از سوسپانسیون تهیه شده از هر کدام از قارچ‌ها بر روی نمونه‌های آماده شده (در پتری دیش‌ها) تلقیح شد. پتری دیش‌ها در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس و فعالیت آبی (۰٫۸۰، ۰٫۸۵؛ ۰٫۹۰، ۰٫۹۵، ۰٫۹۷، ۰٫۹۸، ۰٫۹۹) و pH ۶ به مدت ۴ هفته در تاریکی انکوبه شدند. پس از ۴ هفته، از ابتدای هفته پنجم به مدت یک هفته و به صورت روزانه قطر کلنی پتری دیش‌ها اندازه‌گیری شد.

گفتنی است چون دمای مطلوب برای رشد قارچ اسپرژیلوس نایجر ۳۰ درجه سلسیوس است، در بازه‌های مختلف فعالیت آبی برای این قارچ دمای ۳۰ درجه هم بررسی شد.

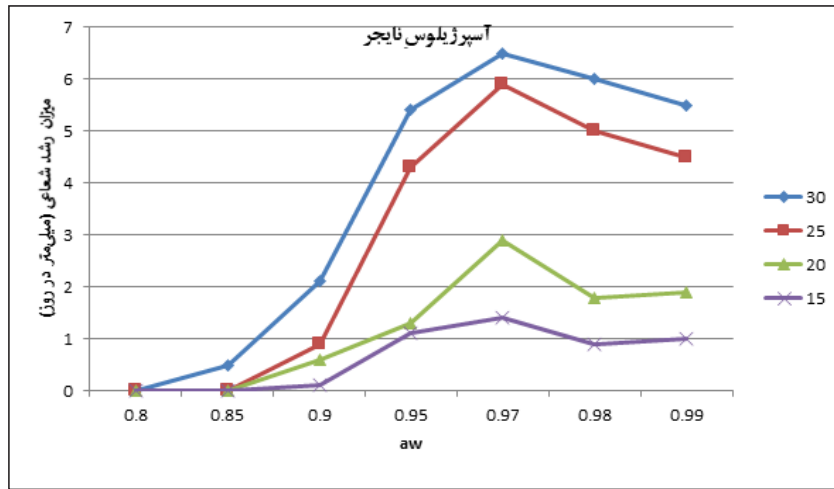
فعالیت آبی ( $a_p$ )		فعالیت آبی ( $a_p$ )		انواع گونه قارچ
رشد میسیلیوم	جوانه زنی اسپور	رشد میسیلیوم	جوانه زنی اسپور	
مطلوب	حداقل	مطلوب	حداقل	
۰٫۹۷	۰٫۸۵	۰٫۹۷	۰٫۸۰	اسپرژیلوس نایجر (دمای ۳۰°)
۰٫۹۸	۰٫۸۵	۰٫۹۸	۰٫۸۵	آلترناریا آلترناتا (دمای ۲۵°)
۰٫۹۹	۰٫۸۵	۰٫۹۹	۰٫۸۵	پنی سیلیوم sp (دمای ۲۵°)

### جدول ۴

میزان حداقل و مطلوب فعالیت آبی برای رشد میسیلیوم و جوانه زنی قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم؛ در دمای مطلوب برای هر یک از گونه‌ها و pH ۶



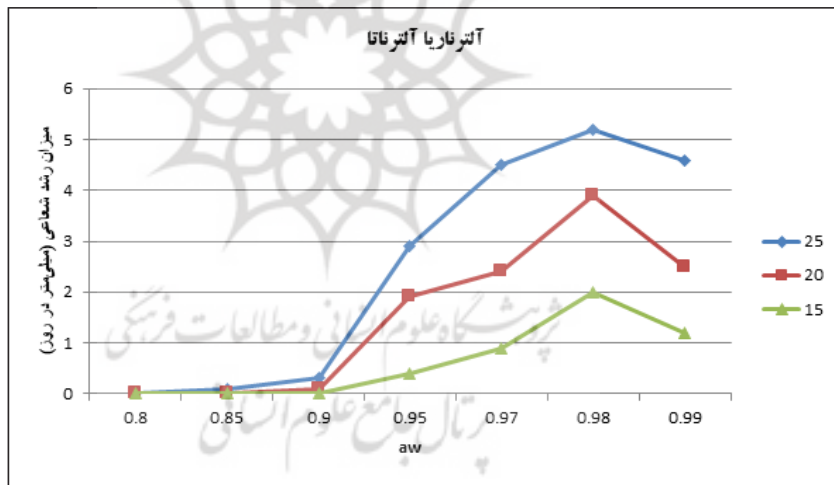
## آسپرژیلوس نایجر



### تصویر ۵

تأثیر دماهای گوناگون در میزان رشد شعاعی قارچ آسپرژیلوس نایجر در دمای ۲۰، ۲۵، ۳۰ و دمای مطلوب ۳۰ درجه سلسیوس و pH ۶ (همان طور که مشاهده می‌شود رشد قارچ آسپرژیلوس نایجر در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و ۰.۹۷ aw تشدید شده‌است).

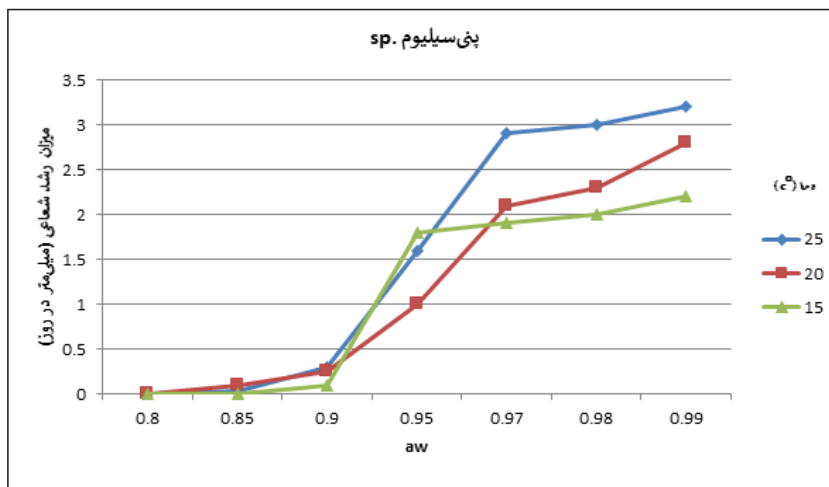
## آلترناریا آلترناتا



### تصویر ۶

تأثیر دماهای گوناگون در میزان رشد شعاعی قارچ آلترناریا آلترناتا در دمای ۱۵، ۲۰ و دمای مطلوب ۲۵ درجه سلسیوس در pH ۶ (همان طور که مشاهده می‌شود رشد قارچ آلترناریا آلترناتا در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و ۰.۹۸ aw تشدید شده‌است).

## پنی سیلیوم sp.



### تصویر ۷

تأثیر دماهای گوناگون در میزان رشد شعاعی قارچ پنی سیلیوم sp. در دمای ۱۵، ۲۰ و دمای مطلوب ۲۵ درجه سلسیوس و pH ۶ (همان‌طور که مشاهده می‌شود رشد قارچ پنی سیلیوم در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ۹۹٪، تشدید شده است).

## بررسی تأثیر غلظت یون هیدروژن (pH) در رشد قارچ‌های اسپرژیلوسِ نایجر، آلترناریا آلترناتا و پنی سیلیوم در نمونه کاغذهای آماده شده

برای بررسی تأثیر غلظت یون هیدروژن (pH) بر میزان رشد قارچ‌های اسپرژیلوسِ نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم با سمپلر ۵۰ میکرولیتر از سوسپانسیون تهیه شده از هر کدام از قارچ‌ها بر روی محیط کشت تلقیح شد. محیط کشت در دما و فعالیت آبی مطلوب - براساس نتایج آزمایش‌های انجام شده - برای هر یک از گونه قارچ‌ها در نظر گرفته شد. از این رو برای بررسی تأثیر غلظت یون هیدروژن در میزان رشد شعاعی قارچ اسپرژیلوسِ نایجر، فعالیت آبی (a<sub>w</sub>: ۰,۹۷) و دما ۳۰ درجه سلسیوس و برای قارچ آلترناریا آلترناتا، فعالیت آبی (a<sub>w</sub>: ۰,۹۸) و دما ۲۵ درجه سلسیوس و برای قارچ پنی سیلیوم، فعالیت آبی (a<sub>w</sub>: ۰,۹۹) و دما ۲۵ درجه سلسیوس مقدارهای pH ۳، ۴، ۴,۵، ۵، ۵,۵، ۶، ۶,۵، ۷، ۷,۵، ۸، ۸,۵ و ۹ تنظیم شد و پس از ۴ هفته انکوبه شدن، از ابتدای هفته پنجم به مدت یک هفته و به صورت روزانه قطر کلنی پتری دیش‌ها اندازه‌گیری شد.

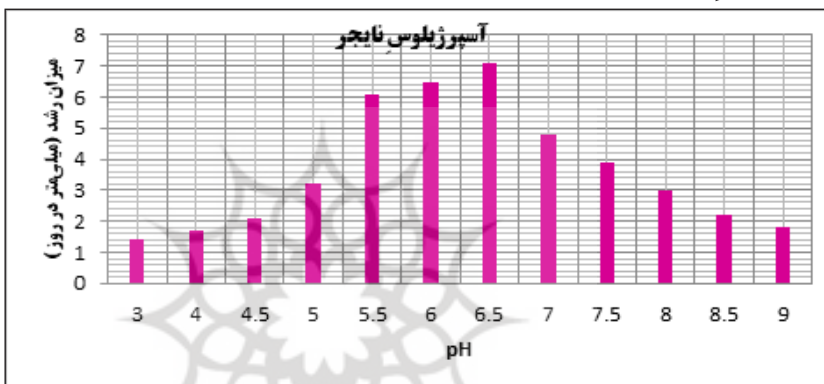


### جدول ۵

میزان حداقل، حداکثر، و مطلوب pH برای  
قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا، و  
پنی سیلیوم در دماها و فعالیت آبی مطلوب  
برای هریک از گونه‌های قارچ

میزان pH			انواع گونه قارچ
جوانه‌زنی اسپور- رشد میسیلیوم			
حداکثر	مطلوب	حداقل	
≤۹	۶,۵	≤۳	آسپرژیلوس نایجر
≤۹	۶,۵	≤۳	آلترناریا آلترناتا
≤۹	۶	≤۳	پنی سیلیوم sp.

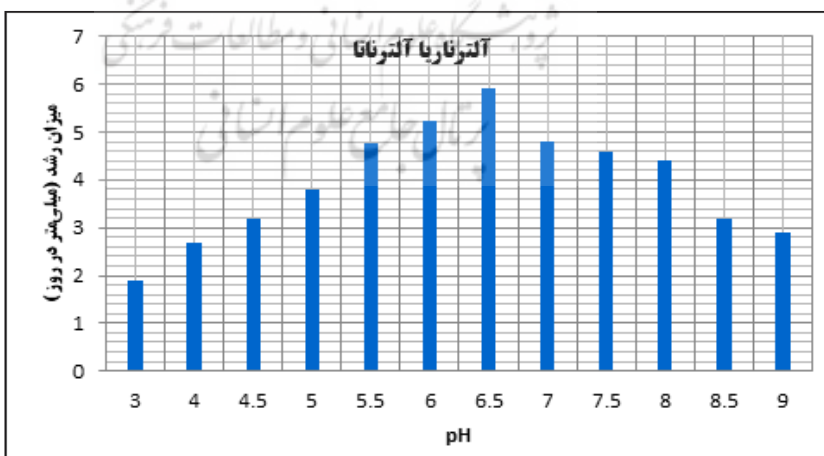
### آسپرژیلوس نایجر



### تصویر ۸

اثر pH در میزان رشد میسیلیوم قارچ اسپرژیلوس  
نایجر در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و  $a_w = 0.97$   
(همان‌طورکه مشاهده می‌شود pH مطلوب برای  
رشد قارچ اسپرژیلوس نایجر ۶,۵ است).

### آلترناریا آلترناتا



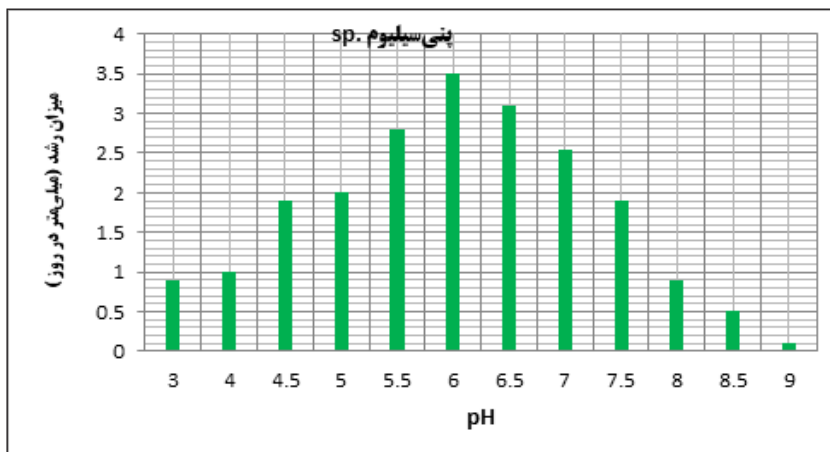
### تصویر ۹

اثر pH در میزان رشد میسیلیوم قارچ آلترناریا  
آلترناتا در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و  $a_w = 0.98$   
(همان‌طورکه مشاهده می‌شود pH مطلوب برای  
رشد قارچ آلترناریا آلترناتا ۶,۵ است).





## پنی سیلیوم sp.



### تصویر ۱۰

اثر pH در میزان رشد میسلیوم قارچ پنی سیلیوم sp. در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و ۰.۹۹۹ به (همان‌طورکه مشاهده می‌شود) pH مطلوب برای رشد قارچ پنی سیلیوم ۶ است.

## بررسی تأثیر متغیر زمان بر رشد قارچ‌های اسپرژیلوسِ نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم

برای بررسی تأثیر متغیر زمان بر میزان رشد قارچ‌های اسپرژیلوسِ نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم با سمپلر ۵۰ میکرولیتر از سوسپانسیون تهیه شده از هر کدام از قارچ‌ها بر روی نمونه‌کاغذهای آماده شده (در پتری دیش‌ها) تلقیح شد. پتری دیش‌ها در دما، فعالیت آبی، و pH مطلوب برای هر کدام از گونه‌های قارچ، به مدت ۴ هفته در تاریکی انکوبه شدند. پس از ۴ هفته، از ابتدای هفته پنجم به مدت ۱۶۸ ساعت (۷ روز) به صورت روزانه (هر ۲۴ ساعت یک‌بار) قطر کلنی بر حسب واحد میلی متر اندازه‌گیری شد.

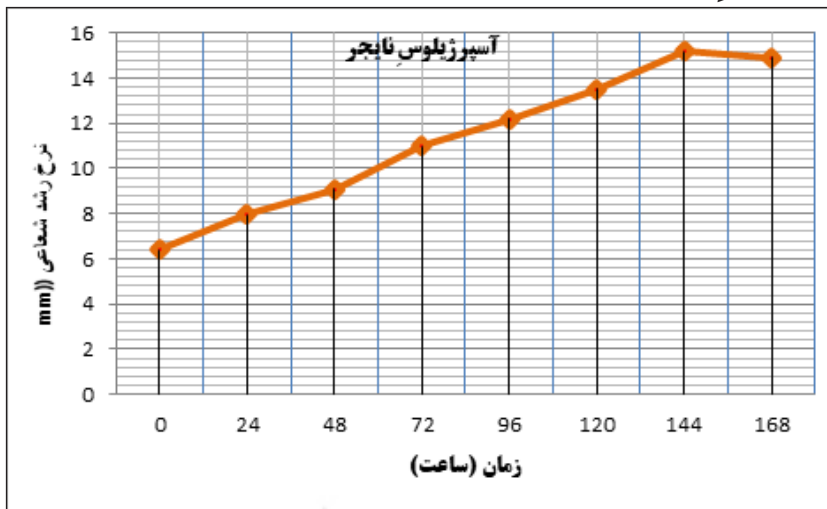
پروژه گنجینه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
رتال جامع علوم انسانی



## آسپرژیلوس نایجر

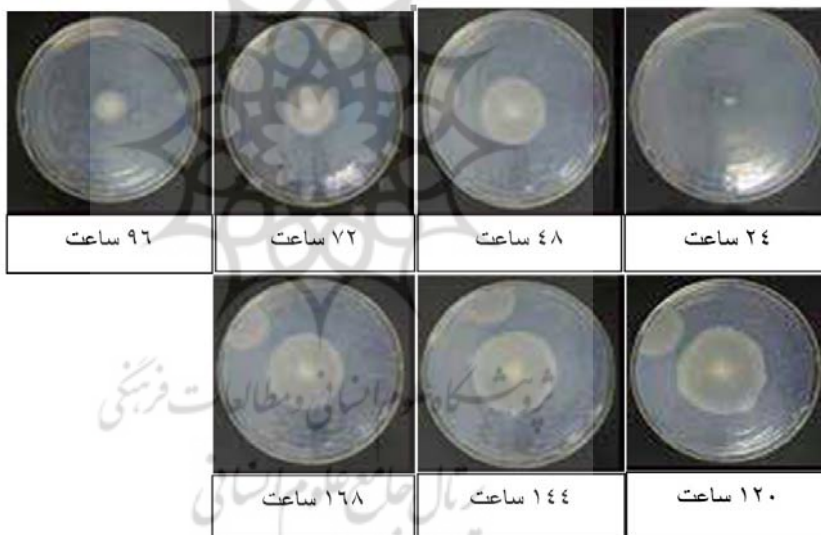
### تصویر ۱۱

نرخ رشد شعاعی آسپرژیلوس نایجر در هفته پنجم کشت (بعد از ۴ هفته انکوبه شدن در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و pH ۰.۹۷ در PH۶.۵). همان طوری که مشاهده می شود با گذشت زمان، روند رشد قارچ در وضعیت مطلوب تا ۱۴۴ ساعت صعودی است؛ ولی بعد از ۱۴۴ ساعت روند رشد کند می شود و تا حدودی کاهش می یابد. میزان رشد این قارچ در مدت محاسبه شده حدود ۲ میلی متر در روز بوده است.

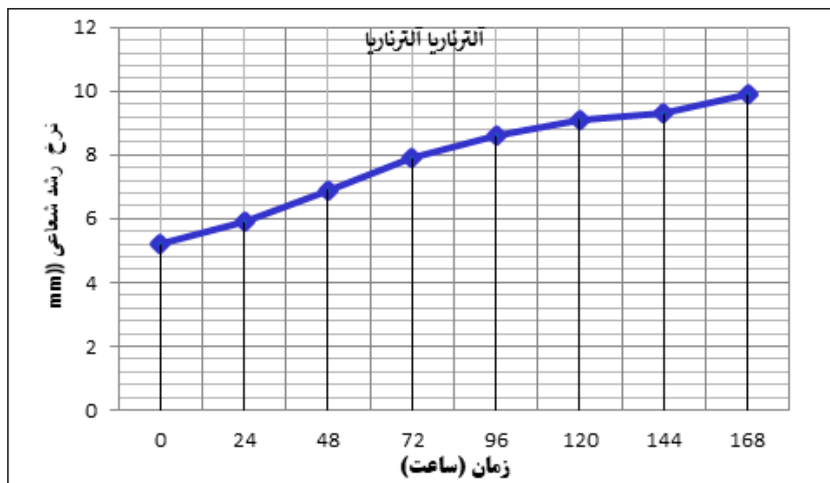


### تصاویر ۱۲ تا ۱۸

میزان رشد قارچ آسپرژیلوس نایجر در طول هفته پنجم کشت

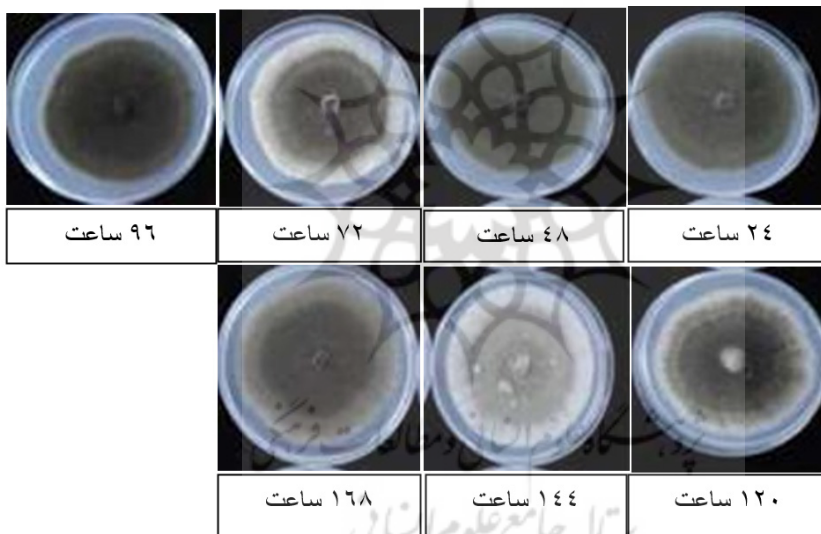


## آلترناریا آلترناتا



### تصویر ۱۹

نرخ رشد شعاعی آلترناریا آلترناتا در هفته پنجم کشت (بعد از ۴ هفته انکوبه شدن در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و pH ۶٫۵ و ۰٫۹۸ a<sub>v</sub>) همان طوره که مشاهده می شود با گذشت زمان روند رشد این قارچ در وضعیت مطلوب تا ۱۶۸ ساعت صعودی است. میزان رشد این قارچ در مدت محاسبه شده حدود ۱ میلی متر در روز بوده است.

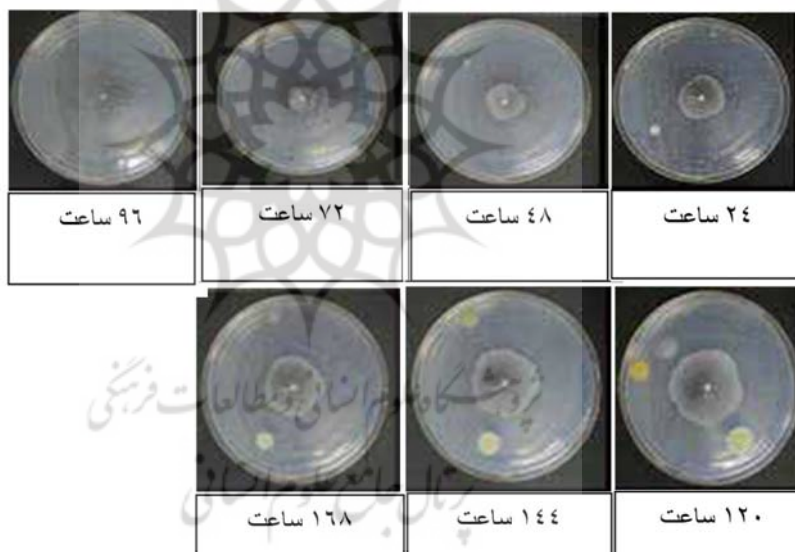
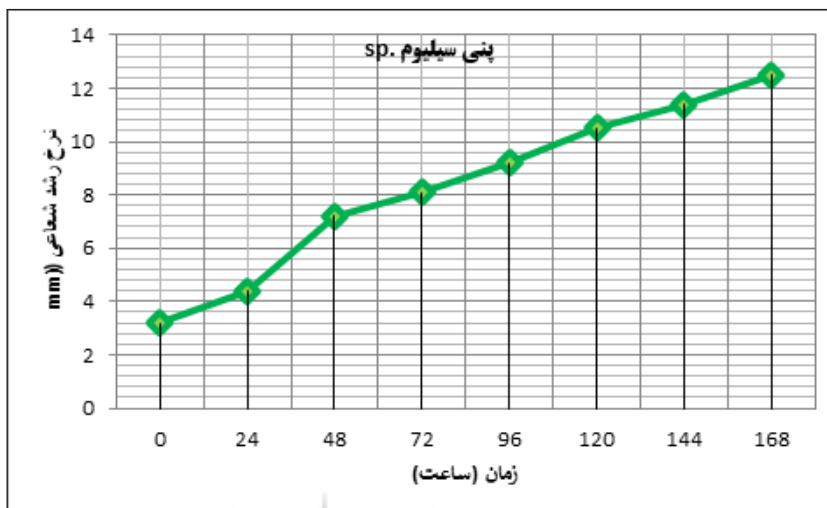


### تصاویر ۲۰ تا ۲۶

میزان رشد قارچ آلترناریا آلترناتا در طول هفته پنجم کشت

### تصویر ۲۷

نرخ رشد شعاعی پنی سیلیوم در طول هفته پنجم کشت (بعد از ۴ هفته انکوبه شدن در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و pH ۰.۹۹ در ۶). همان طوره که مشاهده می شود با گذشت زمان روند رشد این قارچ در وضعیت مطلوب تا ۱۶۸ ساعت صعودی است. به طور کلی میزان رشد این قارچ با گذشت زمان از الگوی معینی پیروی نمی کند.



### تصاویر ۲۸ تا ۳۴

میزان رشد قارچ پنی سیلیوم sp. در طول هفته پنجم کشت که هر ۲۴ ساعت یکبار با کولیس برحسب میلی متر اندازه گیری شده است.

### بحث و جمع بندی

در این تحقیق اثر عوامل فیزیکی و شیمیایی بر میزان رشد قارچهای آسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم در کاغذهای تاریخی بررسی شد. بررسی اثر عواملی مانند PH، دما، و فعالیت آبی بر میزان رشد این قارچها در مقیاس ماکروسکوپی می تواند به عنوان ابزاری برای ارزیابی خطر آسیبهای بیولوژیک ناشی از فعالیت این قارچها در کاغذهای

تاریخی استفاده شود. در ادامه به تأثیر هر یک از عوامل بررسی شده در این تحقیق - بر اساس نتایج مطالعات تجربی - اشاره شده است:

**تأثیر دما بر رشد قارچ‌های آسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم**  
باتوجه به جدول ۳ و تصاویر ۲ تا ۴ مشخص شد که میزان دمای مطلوب برای رشد قارچ آسپرژیلوس نایجر ۳۰ درجه، آلترناریا آلترناتا ۲۵ درجه و پنی سیلیوم هم ۲۵ درجه سلسیوس است؛ زیرا رشد حداکثری این قارچ‌ها در این دماها رخ داده است. مقدار رشد هر یک از قارچ‌های مذکور در دمای بالاتر از ۳۰ درجه کاهش می‌یابد. اثر متقابل دما و فعالیت آبی در رشد هر یک از این قارچ‌ها نیز معنی‌دار است؛ به طوری که در هر دمایی با کاهش فعالیت آبی، قابلیت رشد قارچ‌های مورد مطالعه هم کم می‌شود. در دمای  $30^{\circ}\text{C}$ ،  $\text{pH } 6.5$  و  $a_w 0.97$ ، میزان رشد قارچ آسپرژیلوس نایجر به حداکثر خود می‌رسد و در دمای  $25^{\circ}\text{C}$ ،  $\text{pH } 6.5$  و  $a_w 0.98$ ، میزان رشد قارچ آلترناریا آلترناتا به حداکثر خود می‌رسد؛ میزان رشد قارچ پنی سیلیوم هم در دمای  $20^{\circ}\text{C}$ ،  $\text{pH } 6.2$  و  $a_w 0.99$ ، به حداکثر خود می‌رسد.

### تأثیر فعالیت آبی بر رشد قارچ‌های آسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم

باتوجه به جدول ۴ و تصاویر ۵ تا ۷ مشخص شد که میزان فعالیت آبی مطلوب برای رشد قارچ آسپرژیلوس نایجر ۰,۹۷، آلترناریا آلترناتا ۰,۹۸ و پنی سیلیوم ۰,۹۹ است؛ زیرا رشد حداکثری این قارچ‌ها در این مقادارها واقع شده است. البته این عامل هنگامی بهترین نقطه رشد را نشان می‌دهد که سایر عوامل مؤثر بر رشد این قارچ‌ها نیز در وضعیت مطلوب باشند. میزان رشد قارچ‌های مذکور با افزایش میزان گلیسرول (کاهش فعالیت آبی) کاهش داشت؛ چون با کاهش  $a_w$  در کاغذ میزان آب قابل دسترسی قارچ‌ها هم کاهش می‌یابد و در نتیجه آن، رشد قارچ‌های مورد مطالعه به تأخیر می‌افتد و فرسایش کاغذ به حداقل کاهش می‌یابد. با تعیین فعالیت آبی کاغذ می‌توان پیش‌بینی کرد که کدام یک از قارچ‌ها عامل بالقوه و منشأ فرسایش بیولوژیکی کاغذ خواهند بود؛ چون هر یک از گونه‌های قارچی فعالیت آبی متفاوتی دارند. همچنین با تعیین فعالیت آبی کاغذ و مقایسه آن با حد بحرانی می‌توان مقدار مقاومت کاغذهای تاریخی را در برابر عوامل بیولوژیکی (میکروارگانیسم‌ها) مشخص کرد.

### تأثیر pH بر رشد قارچ‌های آسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم



باتوجه به جدول ۵ و تصاویر ۸ تا ۱۰ مشخص شد که میزان pH مطلوب برای رشد قارچ اسپرژیلوس نایجر ۶،۵، آلترناریا آلترناتا ۶،۵، و پنی سیلیوم ۶ است؛ چون رشد حداکثری این قارچ‌ها در این مقدارها رخ می‌دهد. البته این عامل هنگامی بهترین نقطه رشد را نشان می‌دهد که سایر عوامل مؤثر بر رشد این قارچ‌ها نیز در وضعیت مطلوب باشد. قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر و آلترناریا آلترناتا در pH قلیایی اندکی مقاومت بیشتر از پنی سیلیوم از خود نشان دادند؛ ولی قارچ پنی سیلیوم در pH اسیدی تحمل بیشتری از خود نشان داد.

### تأثیر متغیر زمان بر رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم

باتوجه به تصاویر ۱۱ تا ۳۴ مشخص شد که دو قارچ پنی سیلیوم و آلترناریا آلترناتا با گذشت زمان رشد صعودی دارند؛ ولی رشد قارچ اسپرژیلوس نایجر بعد از ۱۴۴ ساعت (۶ روز) کمی کند می‌شود و تا حدودی کاهش می‌یابد.

### نتیجه‌گیری

کاغذهای تاریخی به‌مرور زمان دچار فرسایش بیولوژیکی می‌شوند. باتوجه به ارزش کاغذهای تاریخی به‌عنوان میراث مکتوب همواره سعی بر آن است که بهترین وضعیت برای حفظ و نگهداری آن‌ها فراهم شود تا فرسایش آن‌ها به حداقل برسد. روش‌های نوین حفاظت در صورتی می‌تواند کارآمد باشد و روند فرسایش را کنترل یا کند کند که اطلاعاتی جامع از عوامل آسیب‌رسان وجود داشته باشد. با دسترسی به اطلاعات جامع از شرایط رشد قارچ‌ها، می‌توان با برهم‌زدن این شرایط، رشد قارچ‌ها را تا حدود زیادی کند و حتی متوقف کرد. توصیف رفتار و عوامل مؤثر بر رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم در میکروبیولوژی و صنایع غذایی به‌طور گسترده مطالعه شده است؛ ولی برای اولین بار است که رفتار رشد این قارچ‌ها در کاغذ بررسی می‌شود. نتایج این مطالعه نشان داد که دما، فعالیت آبی، pH، و زمان از عوامل مؤثر در رشد قارچ‌های مذکور هستند؛ ولی در بین این عوامل، فعالیت آبی مهم‌ترین عامل تأثیرگذار است.

این مطالعه آگاهی خوبی درباره نحوه رشد این قارچ‌ها بر روی کاغذ، فراهم کرده است؛ به‌ویژه درباره تأثیر عامل فعالیت آبی؛ زیرا پیش‌ازین، بررسی جامعی درباره تأثیر این عامل بر رشد قارچ‌های مذکور در کاغذ، انجام نشده بود. هم‌چنین تأثیر عامل pH نیز در رشد این قارچ‌ها ضعیف گزارش شده بود؛ بنابراین این مطالعه از طریق ارزیابی عوامل مؤثر بر رشد

قارچ‌های مورد مطالعه، تعیین فرایند فرسایش بیولوژیکی در کاغذهای تاریخی را فراهم کرده‌است. داده‌های حاصل از این تحقیق در کنترل آسیب ناشی از قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم بسیار مفید است. گفتنی است که کاهش فعالیت آبی در کاغذهای تاریخی همراه با کنترل دما و اسیدزدایی، فرسایش بیولوژیکی ناشی از فعالیت قارچ‌های مذکور را به کمترین مقدار کاهش می‌دهد. مطابق با نتیجه این تحقیق، فعالیت آبی ( $a_w$ ) شاخصی مناسب برای ارزیابی پایداری میکروبیولوژی کاغذهای تاریخی محسوب می‌شود؛ به عبارت دیگر مهم‌ترین نشانه استحکام و مقاومت آثار کاغذی در مقابل فرسایش بیولوژیکی، میزان فعالیت آبی است؛ که می‌توان با کنترل آن، علاوه بر افزایش عمر آثار کاغذی، استحکام کاغذ را هم به میزان زیادی افزایش داد. با کاهش فعالیت آبی تا حد استاندارد مطلوب و کنترل آن می‌توان کاغذ را در مقابل فرسایش بیولوژیکی حتی در محیطی با رطوبت نسبی زیاد هم - حفظ کرد. اگر فعالیت آبی از حدی کم‌تر باشد، میکروارگانیسم‌ها قادر نیستند رشد کنند و تکثیر شوند؛ بنابراین بهترین و مؤثرترین راه جلوگیری از فرسایش بیولوژیکی در آثار کاغذی، کاهش فعالیت آبی در آن‌هاست. کاهش فعالیت آبی در کاغذهای تاریخی یک مرحله کُشتن<sup>۱</sup> نیست، بلکه مرحله‌ای کنترلی است. از این رومی‌توان با استفاده از روش‌های علمی و فنی در تولید و به‌کارگیری مواد اولیه و کمکی و افزودنی‌های مجاز در تولید کاغذ و یا فرآیند حفاظت و مرمت کاغذهای تاریخی، میزان فعالیت آبی کاغذ را به پایین‌تر از حد بحرانی رساند و بدین ترتیب مقاومت آن را در مقابل عوامل بیولوژیکی افزایش داد. البته نوع و گونه قارچ نیز در تعیین میزان کاهش فعالیت آبی بسیار مهم است که باید مدنظر مرمتگر قرار گیرد؛ بدین منظور پیشنهاد می‌شود که درباره تأثیر متغیر فعالیت آبی در رشد سایر میکروارگانیسم‌های عامل فرسایش کاغذهای تاریخی و هم‌چنین روش‌های کاهش فعالیت آبی در کاغذهای تاریخی تحقیقات جامعی انجام شود.

در این تحقیق به دلیل محدودیت، فقط به ۴ عامل اصلی تأثیرگذار بر رشد قارچ‌های اسپرژیلوس نایجر، آلترناریا آلترناتا، و پنی سیلیوم اشاره شد و تأثیر سایر متغیرهای تأثیرگذار بر رشد قارچ‌های مورد مطالعه ثابت در نظر گرفته شد؛ از این رو بهتر است تا برای گرفتن نتیجه مطلوب‌تر، سایر عوامل تأثیرگذار بر رشد این قارچ‌ها (از جمله مواد متشکله کاغذ، نور، غلظت ذرات زیستی، و...) هم، در محیط آزمایشگاهی و در شرایط کنترل‌شده بررسی شوند.

۱. یعنی یک مرحله نابودی نیست، مثل ضدعفونی یا استفاده از مواد ضد قارچ که باعث کشته شدن قارچ‌ها می‌شوند.



## پی‌نوشت‌ها

۱. نیاز میکروارگانیسم‌ها به آب ضروری است و آن‌ها بدون آب هیچ رشدی ندارند. آب مورد نیاز برای میکروارگانیسم‌ها با عنوان آب قابل دسترس یا فعالیت آبی [ $a_w$  (water activity)] بیان می‌شود. فعالیت آبی یک محیط عبارت است از: نسبت فشار بخار آب موجود در بستر به فشار بخار آب خالص پس از رسیدن به حالت تعادل رطوبتی در همان درجه حرارت (ISO 18787: 2017); بنابراین بیشترین میزان فعالیت آبی مربوط به آب خالص و برابر با یک است و برای سایر محیط‌ها کمتر از یک خواهد بود (Florian, 1997).

نکته: رطوبت نسبی در حالت تعادل، ۱۰۰ برابر فعالیت آبی است:  $ERH = a_w \times 100$

۲. قارچ آسپرژیلوس نایجر اغلب در کاغذ ظاهر می‌شود و در حضور گلوکز سبب کاهش فراوان مقاومت ماده سلولزی می‌شود؛ کلنی‌های این قارچ در روی کاغذ، کوچک و سیاه‌رنگ‌اند (قهری، ۱۳۹۱).
۳. قارچ پنی سیلیوم،  $SP$ ، یکی از شایع‌ترین قارچ‌های ساپروفیت موجود در طبیعت است که به آسانی در خاک و مواد گیاهی و غذایی در حال فساد رشد می‌کند. این قارچ بر روی الیاف سلولزی، پارچه، و کاغذ رشد می‌کند و با تولید آنزیم‌هایی از دسته آمیلازها و اسیدهای آلی مانند اسیدلاکتیک، اثر تخریبی بر الیاف باقی می‌گذارد (قهری، ۱۳۹۱).
۴. قارچ آلترناریا آلترناتا در انواع مختلف کاغذ سبب آسیب‌های شدید می‌شود؛ به نحوی که لکه‌های سیاه، قهوه‌ای متمایل به سیاه، و قهوه‌ای متمایل به سبز ایجاد می‌کند (قهری، ۱۳۹۱).
۵. کاغذ فیلتر مانکتل ۳۹۳ (Munktell 393) با مشخصات: سلولز ۱۰۰٪؛ حجم خاکستر کمتر از ۰٫۰۱٪؛ وزن مخصوص  $1000 \text{ g/m}^3$ ؛ و مقاومت کششی خیس  $KPa > 20$
۶. پیرسازی تسریعی دما-رطوبت نمونه‌ها: برای پیرسازی، نمونه‌های کاغذ در وضعیتی قرار می‌گیرند که آسیب وارده به کاغذ (تخریب سلولز) به دلیل دریافت انرژی زیاد در مدت زمان کوتاه، شدت یابد. مهم‌ترین فرآیندهای مسبب تخریب کاغذ، هیدرولیز و اکسیداسیون سلولز است. البته نمی‌توان به طور قطع گفت که روش پیرسازی تسریع شده همانند فرآیندی است که در پیرشدن طبیعی روی می‌دهد؛ مطمئناً تفاوت‌هایی وجود دارد (Feller, 1994).
۷. پیرسازی تسریعی، در آزمایشگاه شیمی اداره کل حفاظت و مرمت سازمان اسناد و کتابخانه ملی با دستگاه ایجینگ (aging) انجام شد.
۸. Tween 80: توئین ۸۰ سبب کاهش جذب سطحی اسپورها و جلوگیری از تجمع اسپورها در سوسپانسیون قارچ می‌شود؛ هم‌چنین در یکنواخت‌تر شدن سوسپانسیون مؤثر است (Araujo and Rodrigues, 2006; and Pina-Vaz, 2004; Dantigny et al., 2006).
۹. چون بیشتر قارچ‌های رشته‌ای توانایی رشد در فعالیت آبی زیر ۰٫۹۰ را نیز دارند (Pitt and Hocking, 1997)، در این تحقیق فعالیت آبی ۰٫۸۰ و ۰٫۸۵ نیز بررسی شد.





۱۰. اندازه گیری فعالیت آبی با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی مدل (aw meter, Testo) (۴۰۰) و طبق دستورالعمل دستگاه مذکور انجام شد.

## منبع

### کتاب

فهری، محمد. (۱۳۹۱). *عوامل میکروبی آسیب رسان به مواد آرشویی و کتابخانه‌ای*. تهران: سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران.

### مقاله

فهری، محمد. (۱۳۸۵). «مروری بر عوامل قارچی مخرب کاغذ، آسیب شناسی و راه‌های پیشگیری و مقابله». *مجله مرمت و پژوهش*، شماره ۱، پاییز و زمستان ۱۳۸۵، صص ۲۷-۴۲.

### پایان نامه

امیدی تیریزی، نسیم. (۱۳۸۳). «ارزیابی اثرات ضدقارچی برگ اوکالپتوس بر روی چند گونه شایع درماتوفیت و مقایسه آن با گریزئوفولین در شرایط *in vitro*». پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته قارچ شناسی پزشکی. شماره ۱۲۷۰۳. دانشگاه علوم پزشکی ایران.

### استاندارد

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. (۱۳۸۲). استاندارد شماره ISIRI:106-A1: «شرایط محیطی استاندارد مشروط کردن، مراحل نظارت بر شرایط محیطی و مشروط کردن و آزمون نمونه‌های آزمون‌ی خمیر کاغذ، کاغذ و مقوا (اصلاحیه شماره ۱)». چاپ ۱.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. (۱۳۷۴). استاندارد شماره ISIRI:133: «روش نمونه برداری از کاغذ و مقوا برای آزمون». تجدیدنظر ۱. چاپ ۲.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. (۱۳۷۸). استاندارد شماره ISIRI: 4706: «روش تسریع در کهنه شدن کاغذ و مقوا در دمای ۸۰ درجه سلسیوس و رطوبت ۶۵ درصد».

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. (۱۳۸۶). استاندارد شماره ISIRI:9597: «میکروبیولوژی روش های سترون سازی محیط کشت و وسایل آزمایشگاهی - آیین کار».

### منابع لاتین

AbdelHadi, Ahmed; Naresh, Magan. (2009). "Influence of physiological factors on growth, sporulation and ochratoxinA/B production of new *Aspergillus ochraceus*



- grouping". *World Mycotoxin Journal*, 2(4): pp 429-434.
- AbdelKareem, Omar.(2010). "Monitoring, controlling and prevention of the fungal deterioration of textile artifacts in the museum of Jordanian heritage". *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 10(2), PP 85-96.
- Abe, K. (2010). "Assessment of the environmental conditions in a museum storehouse by use of a fungal index". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64, pp 32-40.
- Araujo, Ricardo; Rodrigues, Acacio G; Pina-Vaz, Cidalia. (2004). "A fast, practical and reproducible procedure for the standardization of the cell density of an Aspergillus suspension". *Journal of Medical Microbiology*, 53, pp 783-786.
- Atanda, S.A.; Pessu, P.O.; Agoda, S.; Isong, I.U.; Adekalu, O.A.; Echendu, M.A.; Falade, T.C. (2011). "Fungi and mycotoxins in stored foods". *African Journal of Microbiology Research*, 5(25), pp 4373-4382.
- Ayerst, G. (1969). "The effects of moisture and temperature on growth and spore germination in some fungi". *Journal of Stored Products Research*, 5(2), pp 127-141.
- Berovic, M. (2003). "Biodeterioration studies on pastels and oil-based paintings". In: *Art, Biology, and Conservation: Biodeterioration of Works of Art*. Koestler, Robert. J.; Koestler, Victoria. H.; Charola, A. Elena.; Nieto-Fernandez, Fernando. E. (Eds.). Metropolitan Museum of Art, New York, USA, pp 50-59.
- Borrego, S.; Guiamet, P.; Gómez de Saravia, S.; Batistini, P.; Garcia, M.; Lavin, P.; Perdomo, I. (2010). "The quality of air at archives and the biodeterioration of photographs". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64(2), pp 139-145. [https://www.researchgate.net/publication/248436861\\_The\\_quality\\_of\\_air\\_at\\_archives\\_and\\_the\\_biodeterioration\\_of\\_photographs](https://www.researchgate.net/publication/248436861_The_quality_of_air_at_archives_and_the_biodeterioration_of_photographs).
- CLSI. (2002). "Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Filamentous Fungi"; Approved Standard. CLSI document M38-A [ISBN 1-56238-470-8]. CLSI, Pennsylvania, USA 2002.
- Dagnas, S.; Onno, B.; Membé, J.M. (2014). "Modeling growth of three bakery product spoilage molds as a function of water activity, temperature and pH". *International Journal of Food Microbiology*, 1(186), pp 95-104.
- Dallyn, H. (1978). "Effect of substrate water activity on growth of certain xerophilic fungi". Ph.D. thesis. South Bank University, London.



- Dantigny, Philippe; Bensoussan, Maurice; Vasseur, Valerie; Lebrihi, Ahmed; Buchet, Claude; Ismaili-Alaoui, Mustapha; Devlieghere, Frank; Roussos, Sevastianos. (2006). "Standardisation of methods for assessing mould germination: a workshop report". *International Journal of Food Microbiology*, 108(2), pp 286-291.
- EC, European Commission. (1994). *Mycotoxins in human nutrition and health*. Agroindustrial research division of the European Commission Directorate-General XII for scientific research and development, 36.
- Feller, R. L. (1994). "Accelerated aging: Photochemical and thermal aspects". *Getty Conservation Institute*.
- Florian, M. L. (1997). *Heritage Eaters: Insects and Fungi in Heritage Collections*. James and James (Scientific Publishers) Ltd, London.
- Florian, Mary-Lou. E. (2004). *Fungal Facts: Solving Fungal Problems in Heritage Collections*. Archetype Publications, Great Britain. pp 90-97.
- Gock, Melissa. A.; Hocking, Ailsa.D.; Pitt, John.I.; Poulos, Peter.G. (2003). "Influence of temperature, water activity and pH on growth of some xerophilic fungi". *International Journal of Food Microbiology*, 81(1), pp 11-19.
- Goldfarb, Barry; Nelson, Earl. E; Hansen, Everett. M. (1989). "Trichoderma spp.: growth rates and antagonism to *Phellinus weirii* in vitro". *Mycologia*, 81(3), pp 375-381.
- Gorski, Theodore. W; Ritzert, Roger. W. (1977). "pH Measurements of Agar Culture Media by Using a Flat-Bottom Electrode". *Applied and Environmental Microbiology*, 34(2), pp 242-243.
- Gutarowska, Beata; Rembisz, Daria; Pietrzak, Katarzyna; Skóra, Justyna; Szyrkowska, Malgorzata; Gliścińska, Eulalia; Koziróg, Anna. (2012). "Optimization and application of the misting method with silver nanoparticles for disinfection of the historical objects". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 75, pp 167-175.
- Haines, John. H.; Kohler, Stuart. A. (1986). "An Evaluation of Ortho-Phenyl Phenol as a Fungicidal Fumigant for Archives and Libraries". *Journal of the American Institute for Conservation*, 25(1), pp 49-55.
- Hidalgo, Yahumila; Borrego, Sofia. (2006). "Aislamiento y caracterización de hongos en documentos de la Biblioteca Nacional "José Martí". *Bibliotecas*, online at: <http://revistas.bnjm.cu/index.php/anales/article/view/194>. Accessed: 11/08/2013.
- Hocking, Ailsa. D.; Pitt, John.I. (1979). "Water relations of some penicillium species



- at 25 degrees Celsius". *Transactions of the British Mycological Society*, 73(1), pp 141-145.
- ISO 6588-1. (2005). "Paper, board and pulps -- Determination of pH of aqueous extracts -- Part 1: Cold extraction", <https://www.iso.org/standard/41368.html>
- ISO 18787. (2017). "Foodstuffs - Determination of water activity". <https://www.iso.org/standard/63379.html>
- Konkol, Nick; J McNamara, Christopher; Mitchell, Ralph. (2010). "Fluorometric detection and estimation of fungal biomass on cultural heritage materials". *Journal of Microbiological Methods*, 80(2), pp 178-182.
- Kowalik, Romuald. (1980). "Microbiodeterioration of library materials". Part 1, chapters 1-3. *Restaurator*, 4, pp 99-114.
- Ljaljević Grbić, Milica; Vukojević, Jelena; Stupar, Miloš. (2008). "Fungal colonization of air-conditioning systems". *Archives of Biological Sciences*, 60(2), PP 201-206.
- Magan, N.; Lacey, J. (1984). "Effect of water activity, temperature and substrate on interactions between field and storage fungi". *Transactions of the British Mycological Society (Trans Br Mycol Soc)*, 82(1), PP 83-93.
- Mari'n, Sonia; Sanchis, V.; Teixido', A.; Saenz, R.; Ramos, Antonio J; Vin'as, Immaculada; Magan, Naresh. (1996). "Water and temperature relations and microconidial germination of *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum* from maize". *Canadian Journal of Microbiology*, 42(10), PP 1045-1050.
- Martens, M.H. J. (2012). *Climate risk assessment in museums: degradation risks determined from temperature and relative humidity data*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven. 51-53.
- Mesquita, Nuno; Portugal, António; Rodrigues Videira, Sandra Isabel; Rodríguez-Echeverría, Susana; Bandeira, A.M.L; Santos, M.J.A; Freitas, Helena. (2009). "Fungal diversity in ancient documents: a case study on the Archive of the University of Coimbra". *International Biodeterioration and Biodegradation*, 63(5), pp 626-629.
- Michaelsen, Astrid; Pinzari, Flavia; Barbabietola, Nicoletta; Piñar, Guadalupe. (2013). "Monitoring the effects of different conservation treatments on paper-infecting fungi". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 84, pp 333-341.
- National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS). (1998). "Reference method for broth dilution antifungal susceptibility testing of conidium-forming



- filamentous fungi: proposed standard". M38-P, v. 18, no. 13 (Nov. 1998), Wayne, Pa.
- Nguyen Van Long, Nicolas; Rigalma, Karim; Coroller, Louis; Dadure, Robin; Debaets, Stella; Mounier, Jerome; Vasseur, Valérie. (2017). "Modelling the effect of water activity reduction by sodium chloride or glycerol on conidial germination and radial growth of filamentous fungi encountered in dairy foods". *International journal of food microbiology*, 68, pp 7-15.
- Nielsen, Kristian; Holm, G; P. Uttrup, L; Nielsen, P.A. (2004). "Mould growth on building materials under low water activities. Influence of humidity and temperature on fungal growth and secondary metabolism". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 54(4), pp 325-336.
- Nitterus, M. (2000). "Fungi in archives and libraries". *Restaurator*, 21(1), pp 25-40
- Ontario Association of Architects. (2003). OAA Mould Control Practice Guide. Ontario.
- Parker, Thomas. A. (1988). "Study on integrated pest management for libraries and archives". volume PGI-88/WS/20. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris.
- Pasanen, Pertti; Kasanen, Jukka-Pekka; Rautiala, Sirpa; Ikäheimo, Marko; Rantamäki, Jouko; Kääriäinen, Hannu; Kalliokoski, Pentti. (2000). "Fungal growth and survival in building materials under fluctuating moisture and temperature conditions". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 46(2), pp 117-127.
- Paule-Marina Nanguy, Sidjè; Perrier-Cornet, Jean-Marie; Bensoussan, Maurice; Dantigny, Philippe. (2010). "Impact of water activity of diverse media on spore germination of *Aspergillus* and *Penicillium* species". *International journal of food microbiology*, 142(12), pp 273-276.
- Petrikkou, Eva; Rodriguez-Tudela, Juan; Cuenca-Estrella, Manuel; Gómez, Alicia; Molleja, Ana; Mellado, Emilia. (2001). "Inoculum Standardization for Antifungal Susceptibility Testing of Filamentous Fungi Pathogenic for Humans". *Journal of Clinical Microbiology*, 39(4), pp 1345-1347.
- Pinzari, Flavia; Pasquariello, Giovanna; De Mico, Antonella. (2006). "Biodeterioration of paper: a SEM study of fungal spoilage reproduced under controlled conditions". *Macromolecular Symposia*. 238(1), pp 57-66.
- Pitt, John. I.; Hocking, Ailsa. D. (1977). "Influence of solute and hydrogen ion con-



- centration on the water relations of some xerophilic fungi". *Journal of General Microbiology*, 101, pp 35-40.
- Plaza, Pilar; Usall, Josep; Teixidó, Neus; Vinas, Immaculada. (2003). "Effect of water activity and temperature on germination and growth of *Penicillium digitatum*, *P. italicum* and *Geotrichum candidum*". *Journal of Applied Microbiology*, 94(4), pp 549-554.
- Rakotonirainy, Malalanirina; Juchauld, Frederique; Gillet, Martine; Othman-Choulak, Monzer; Lavédrine, Bertrand. (2007). "The Effect of Linalool Vapour on Silver-Gelatine Photographs and Bookbinding Leathers". *Restaurator*, 28(2), pp 95-111.
- Raquel Neves, Eva; Schäfer, Stephan; Phillips, Alan; Canejo, João; Macedo, Maria. (2009). "Antifungal effect of different methyl and propyl paraben mixtures on the treatment of paper biodeterioration". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63(3), pp 267-272.
- Reis-Menezes, A.A.; Gambale, W.; Giudice, M.C.; Shirakawa, M.A. (2011). "Accelerated testing of mold growth on traditional and recycled book paper". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65, pp 423-428.
- Schleibinger, Hans; Laussmann, D; Bornehag, C-G; Eis, D; Rueden, H. (2008). "Microbial volatile organic compounds in the air of mold and mold-free indoor environments". *Indoor Air*, 18(2), pp 113-124.
- Shamsian, A.; Fatah, Abdolmajid; Mohajeri, Masood; Ghazvini, Kiarash. (2006). "Fungal contaminations in historical manuscripts at Astan Quds Museum Library, Mashhad, Iran". *International Journal of Agriculture & Biology*, 8(3), pp 420-422.
- Sidhu, G.S. (2002). "Mycotoxin Genetics and Gene Clusters". *European journal of Plant Pathology*, 108(7), PP 705-711.
- Strzelczyk, Alicja.B. (2004). "Observations on aesthetic and structural changes induced in Polish historic objects by microorganisms". *International Biodeterioration and Biodegradation*, 53(3), PP 151-156.
- Viitanen, H.A.; Bjurman, J. (1995). "Mould growth on wood under fluctuating humidity conditions". *Material und Organismen*, 29(1), PP 27-46.
- Zajic, J. E.; Inculet, I. I.; Martin, P. (1982). "Basic concepts in microbial aerosols". In: *Space and terrestrial biotechnology*. vol 22, Fiechter A, (editor). Berlin: Akademie-Verlag. PP 51-91.



Zotti, Mirca; Ferroni, Alice; Calvini, P. (2008). "Microfungal biodeterioration of historic paper: preliminary FTIR and microbiological analysis". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 62(2), PP 186-194.

Zotti, Mirca; Ferroni, Alice; Calvini, P. (2011). "Mycological and FTIR analysis of biotic foxing on paper substrates". *International Biodeterioration and Biodegradation*, 65(4), PP 569-578. (in Polish). In: Zyska, B., Zakowska, Z. (Eds.), *Microbiology of Materials. Polytechnic of Lodz*, Lodz.

#### Resource English translation

AbdelHadi, Ahmed; Naresh, Magan. (2009). "Influence of physiological factors on growth, sporulation and ochratoxin A/B production of new *Aspergillus ochraceus* grouping". *World Mycotoxin Journal*, 2(4): pp 429-434.

AbdelKareem, Omar. (2010). "Monitoring, controlling and prevention of the fungal deterioration of textile artifacts in the museum of Jordanian heritage". *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 10(2), PP 85-96.

Abe, K. (2010). "Assessment of the environmental conditions in a museum storehouse by use of a fungal index". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64, pp 32-40.

Araujo, Ricardo; Rodrigues, Acacio G; Pina-Vaz, Cidalia. (2004). "A fast, practical and reproducible procedure for the standardization of the cell density of an *Aspergillus* suspension". *Journal of Medical Microbiology*, 53, pp 783-786.

Atanda, S. A.; Pessu, P. O.; Agoda, S.; Isong, I. U.; Adekalu, O. A.; Echendu, M. A.; Falade, T. C. (2011). "Fungi and mycotoxins in stored foods". *African Journal of Microbiology Research*, 5(25), pp 4373-4382.

Ayerst, G. (1969). "The effects of moisture and temperature on growth and spore germination in some fungi". *Journal of Stored Products Research*, 5(2), pp 127-141.

Berovic, M. (2003). "Biodeterioration studies on pastels and oil-based paintings". In: *Art, Biology, and Conservation: Biodeterioration of Works of Art*. Koestler, Robert. J.; Koestler, Victoria. H.; Charola, A. Elena.; Nieto-Fernandez, Fernando. E. (Eds.). Metropolitan Museum of Art, New York, USA, pp 50-59.

Borrego, S.; Guimet, P.; Gómez de Saravia, S.; Batistini, P.; Garcia, M.; Lavin, P.; Perdomo, I. (2010). "The quality of air at archives and the biodeterioration of pho-



- tographs". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64(2), pp 139-145.  
[https://www.researchgate.net/publication/248436861\\_The\\_quality\\_of\\_air\\_at\\_archives\\_and\\_the\\_biodeterioration\\_of\\_photographs](https://www.researchgate.net/publication/248436861_The_quality_of_air_at_archives_and_the_biodeterioration_of_photographs).
- CLSI. (2002). "Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Filamentous Fungi"; Approved Standard. CLSI document M38-A [ISBN 1-56238-470-8]. CLSI, Pennsylvania, USA 2002.
- Dagnas, S.; Onno, B.; Membré, J. M. (2014). "Modeling growth of three bakery product spoilage molds as a function of water activity, temperature and pH". *International Journal of Food Microbiology*, 1(186), pp 95-104.
- Dallyn, H. (1978). "Effect of substrate water activity on growth of certain xerophilic fungi". Ph.D. thesis. South Bank University, London.
- Dantigny, Philippe; Bensoussan, Maurice; Vasseur, Valerie; Lebrihi, Ahmed; Buchet, Claude; Ismaili-Alaoui, Mustapha; Devlieghere, Frank; Roussos, Sevastianos. (2006). "Standardisation of methods for assessing mould germination: a workshop report". *International Journal of Food Microbiology*, 108(2), pp 286291.
- EC, European Commission. (1994). *Mycotoxins in human nutrition and health*. Agroindustrial research division of the European Commission Directorate-General XII for scientific research and development, 36.
- Feller, R. L. (1994). "Accelerated aging: Photochemical and thermal aspects". *Getty Conservation Institute*.
- Florian, M. L. (1997). *Heritage Eaters: Insects and Fungi in Heritage Collections*. James and James (Scientific Publishers) Ltd, London.
- Florian, Mary-Lou. E. (2004). *Fungal Facts: Solving Fungal Problems in Heritage Collections*. Archetype Publications, Great Britain. pp 90-97.
- Ghahri, Mohammad. (1391/2012). *Avāmel-e mikrobi-ye āsib-resān be mavād-e ārsivi va ketābxāne-i* (Damaging germ-carrying elements in archives and library). Tehran: Sāzmān-e Asnād va Ketābxāne-ye Melli-ye Irān.
- Ghahri, Mohammad. (1385/2007). "Moruri bar avāmel-e qārči-ye moxareb-e kāqaz, āsib-šenāsi va rāh-hā-ye pišgiri va moqābele (A review of fungal elements decaying paper, its pathology and prevention)". *Maremat & pežuheš* (Maremat & pezhouhesh). autumn and winter (1), pp. 27-42.
- Gock, Melissa. A.; Hocking, Ailsa. D.; Pitt, John. I.; Poulos, Peter. G. (2003). "Influence of





- temperature, water activity and pH on growth of some xerophilic fungi". *International Journal of Food Microbiology*, 81(1), pp 11-19.
- Goldfarb, Barry; Nelson, Earl. E; Hansen, Everett. M. (1989). "Trichoderma spp.: growth rates and antagonism to *Phellinus weirii* in vitro". *Mycologia*, 81(3), pp 375-381.
- Gorski, Theodore. W; Ritzert, Roger. W. (1977). "pH Measurements of Agar Culture Media by Using a Flat-Bottom Electrode". *Applied and Environmental Microbiology*, 34(2), pp 242-243.
- Gutarowska, Beata; Rembisz, Daria; Pietrzak, Katarzyna; Skóra, Justyna; Szyrkowska, Malgorzata; Gliścińska, Eulalia; Koziróg, Anna. (2012). "Optimization and application of the misting method with silver nanoparticles for disinfection of the historical objects". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 75, pp 167-175.
- Haines, John. H.; Kohler, Stuart. A. (1986). "An Evaluation of Ortho-Phenyl Phenol as a Fungicidal Fumigant for Archives and Libraries". *Journal of the American Institute for Conservation*, 25(1), pp 49-55.
- Hidalgo, Yahumila; Borrego, Sofia. (2006). "Aislamiento y caracterización de hongos en documentos de la Biblioteca Nacional "José Martí". *Bibliotecas*, online at: <http://revistas.bnjm.cu/index.php/anales/article/view/194>. Accessed: 11/08/2013.
- Hocking, Ailsa. D.; Pitt, John. I. (1979). "Water relations of some penicillium species at 25 degrees Celsius". *Transactions of the British Mycological Society*, 73(1), pp 141-145.
- ISO 6588-1. (2005). "Paper, board and pulps -- Determination of pH of aqueous extracts -- Part 1: Cold extraction". <https://www.iso.org/standard/41368.html>
- ISO 18787. (2017). "Foodstuffs - Determination of water activity". <https://www.iso.org/standard/63379.html>
- Konkol, Nick; J McNamara, Christopher; Mitchell, Ralph. (2010). "Fluorometric detection and estimation of fungal biomass on cultural heritage materials". *Journal of Microbiological Methods*, 80(2), pp 178-182.
- Kowalik, Romuald. (1980). "Microbiodeterioration of library materials". Part 1, chapters 1-3. *Restaurator*, 4, pp 99-114.
- Ljaljević Grbić, Milica; Vukojević, Jelena; Stupar, Miloš. (2008). "Fungal colonization of air-conditioning systems". *Archives of Biological Sciences*, 60(2), PP 201-206.
- Magan, N.; Lacey, J. (1984). "Effect of water activity, temperature and substrate on inter-



- actions between field and storage fungi". *Transactions of the British Mycological Society (Trans Br Mycol Soc)*, 82(1), PP 83-93.
- Mari´n, Sonia; Sanchis, V.; Teixido ´, A.; Saenz, R.; Ramos, Antonio J; Vin´as, Immaculada; Magan, Naresh. (1996). "Water and temperature relations and microconidial germination of *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum* from maize". *Canadian Journal of Microbiology*, 42(10), PP 1045-1050.
- Martens, M. H. J. (2012). *Climate risk assessment in museums: degradation risks determined from temperature and relative humidity data*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven. 51-53.
- Mesquita, Nuno; Portugal, Ant´onio; Rodrigues Videira, Sandra Isabel; Rodr´iguez-Echeverr´ıa, Susana; Bandeira, A.M.L; Santos, M.J.A; Freitas, Helena. (2009). "Fungal diversity in ancient documents: a case study on the Archive of the University of Coimbra". *International Biodeterioration and Biodegradation*, 63(5), pp 626-629.
- Michaelsen, Astrid; Pinzari, Flavia; Barbabietola, Nicoletta; Pi˜nar, Guadalupe. (2013). "Monitoring the effects of different conservation treatments on paper-infecting fungi". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 84, pp 333-341.
- Mo'assese-ye 'Estāndārd va Tahqīqāt-e San'ati-ye Irān (Iran National Standards Organization). (1374/1995). Standard no. ISIRI: 133: "Raveš-e nemune-bardāri az kāqaz va moqāvā barāye āzmun (The method of biopsy of paper and cardboard for test)", 1st revision. 2nd impression.
- Mo'assese-ye 'Estāndārd va Tahqīqāt-e San'ati-ye Irān (Iran National Standards Organization). (1378/1999). Standard no. ISIRI: 4706: "Raveš-e tasri' dar kohne šodan-e kāqaz va moqāva dar damā-ye 80 daraje-ye selsiyus va rotubat-e 65 dar-sad (The method of expediting in the process of paper and cardboard getting old in 80 Celsius and 65% humidity)".
- Mo'assese-ye 'Estāndārd va Tahqīqāt-e San'ati-ye Irān (Iran National Standards Organization). (1382/2004). Standard no. ISIRI: 106-A1: "Šarāyet-e mohiti-ye 'estāndārd-e mašrut kardan, marāhel-e nezārat bar šarāyet-e mohiti va mašrut kardan va āzmun-e nemune-hā-ye āzmun-ye xamir-e kāqaz, kāqaz va moqāvā (Environmental condition of conditioning standard, steps of control over environmental condition, conditioning and test the tesable samples of paper dough, paper and cardboard)". 1st impression.



- Mo'assese-ye 'Estāndārd va Tahqīqāt-e San'ati-ye Irān (Iran National Standards Organization). (1386/2008). Standard no. ISIRI 9597: "Mikrobioloژی-ye raveš-hā-ye setarvan-sāzi-ye mohit-e kešt va vasāyel-e āzmāyeshgāhi-āy'in- kār (The microbiology of the methods of the sterilization of cultivating environment and lab instruments-codes of conduct)".
- National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS). (1998). "Reference method for broth dilution antifungal susceptibility testing of conidium-forming filamentous fungi: proposed standard". M38-P, v. 18, no. 13 (Nov. 1998), Wayne, Pa.
- Nguyen Van Long, Nicolas; Rigalma, Karim; Coroller, Louis; Dadure, Robin; Debaets, Stella; Mounier, Jerome; Vasseur, Valérie. (2017). "Modelling the effect of water activity reduction by sodium chloride or glycerol on conidial germination and radial growth of filamentous fungi encountered in dairy foods". *International journal of food microbiology*, 68, pp 7-15.
- Nielsen, Kristian; Holm, G; P. Uttrup, L; Nielsen, P. A. (2004). "Mould growth on building materials under low water activities. Influence of humidity and temperature on fungal growth and secondary metabolism". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 54(4), pp 325-336.
- Nitterus, M. (2000). "Fungi in archives and libraries". *Restaurator*, 21(1), pp 25-40
- Ontario Association of Architects. (2003). *OAA Mould Control Practice Guide*. Ontario.
- Parker, Thomas. A. (1988). "Study on integrated pest management for libraries and archives". volume PGI-88/WS/20. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris.
- Pasanen, Pertti; Kasanen, Jukka-Pekka; Rautiala, Sirpa; Ikäheimo, Marko; Rantamäki, Jouko; Kääriäinen, Hannu; Kalliokoski, Pentti. (2000). "Fungal growth and survival in building materials under fluctuating moisture and temperature conditions". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 46(2), pp 117-127.
- Paule-Marina Nanguy, Sidjè; Perrier-Cornet, Jean-Marie; Bensoussan, Maurice; Dantigny, Philippe. (2010). "Impact of water activity of diverse media on spore germination of *Aspergillus* and *Penicillium* species". *International journal of food microbiology*, 142(12), pp 273-276.
- Petrikou, Eva; Rodriguez-Tudela, Juan; Cuenca-Estrella, Manuel; Gómez, Alicia; Molleja, Ana; Mellado, Emilia. (2001). "Inoculum Standardization for Antifungal



- Susceptibility Testing of Filamentous Fungi Pathogenic for Humans”. *Journal of Clinical Microbiology*, 39(4), pp 1345-1347.
- Omidi Tabrizi, Nasim. (1383/2005). “Arzyābi-ye asarāt-e zed-qārĉi-ye barg-e okāliptus bar ruye Ćand gyne-ye šāye'-e dermātofit va moqāyese-ye ān bā grizeofulin dar šarāyet-e in vitro (Assessment of the antifungal affects of eucalyptus leaf on some common dermatophytes and comparing that with griseofulvin in vitro condition)”. Master dissertation of medical fungology, Iran University of Medical Sciences, document no. 12703.
- Pinzari, Flavia; Pasquariello, Giovanna; De Mico, Antonella. (2006). “Biodeterioration of paper: a SEM study of fungal spoilage reproduced under controlled conditions”. *Macromolecular Symposia*. 238(1), pp 57-66.
- Pitt, John. I.; Hocking, Ailsa. D. (1977). “Influence of solute and hydrogen ion concentration on the water relations of some xerophilic fungi”. *Journal of General Microbiology*, 101, pp 35-40.
- Plaza, Pilar; Usall, Josep; Teixidó, Neus; Vinas, Immaculada. (2003). “Effect of water activity and temperature on germination and growth of *Penicillium digitatum*, *P. italicum* and *Geotrichum candidum*”. *Journal of Applied Microbiology*, 94(4), pp 549-554.
- Rakotonirainy, Malalanirina; Juchauld, Frederique; Gillet, Martine; Othman-Choulak, Monzer; Lavédrine, Bertrand. (2007). “The Effect of Linalool Vapour on Silver-Gelatine Photographs and Bookbinding Leathers”. *Restaurator*, 28(2), pp 95-111.
- Raquel Neves, Eva; Schäfer, Stephan; Phillips, Alan; Canejo, João; Macedo, Maria. (2009). “Antifungal effect of different methyl and propyl paraben mixtures on the treatment of paper biodeterioration”. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63(3), pp 267-272.
- Reis-Menezes, A. A.; Gambale, W.; Giudice, M. C.; Shirakawa, M. A. (2011). “Accelerated testing of mold growth on traditional and recycled book paper”. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65, pp 423-428.
- Schleibinger, Hans; Laussmann, D; Bornehag, C-G; Eis, D; Rueden, H. (2008). “Microbial volatile organic compounds in the air of mold and mold-free indoor environments”. *Indoor Air*, 18(2), pp 113-124.
- Shamsian, A.; Fatah, Abdolmajid; Mohajeri, Masood; Ghazvini, Kiarash. (2006). “Fun-



- gal contaminations in historical manuscripts at Astan Quds Museum Library, Mashhad, Iran”. *International Journal of Agriculture & Biology*, 8(3), pp 420-422.
- Sidhu, G. S. (2002). “Mycotoxin Genetics and Gene Clusters”. *European journal of Plant Pathology*, 108(7), PP 705-711.
- Strzelczyk, Alicja. B. (2004). “Observations on aesthetic and structural changes induced in Polish historic objects by microorganisms”. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 53(3), PP 151-156.
- Viitanen, H. A.; Bjurman, J. (1995). “Mould growth on wood under fluctuating humidity conditions”. *Material und Organismen*, 29(1), PP 27-46.
- Zajic, J. E.; Inculet, I. I.; Martin, P. (1982). “Basic concepts in microbial aerosols”. In: Space and terrestrial biotechnology. vol 22, Fiechter A, (editor). Berlin: Akademie-Verlag. PP 51-91.
- Zotti, Mirca; Ferroni, Alice; Calvini, P. (2008). “Microfungal biodeterioration of historic paper: preliminary FTIR and microbiological analysis”. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 62(2), PP 186-194.
- Zotti, Mirca; Ferroni, Alice; Calvini, P., (2011). “Mycological and FTIR analysis of biotic foxing on paper substrates”. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 65(4), PP 569-578. (in Polish). In: Zyska, B., Zakowska, Z. (Eds.), *Microbiology of Materials. Polytechnic of Lodz*, Lodz.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
رتال جامع علوم انسانی

