

דגי אמנון - תזונה ומזונות מלאכותיים עבורם

פרופ' שנאן הרפז¹ ונתן גור²

¹מינהל המחקר החקלאי המחלקה לעופות ומדגה, ²מכון תערובות צמח

תזונה ומבנה מערכת העיכול

המזון האופייני של אמנונים בוגרים הוא חומר צמחי ו/או חומרי רקב (דטריטוס) ממקור צמחי. אצות פוטופלנקטוניות, אצות הגדלות בקרקעית, צמחים עילאיים ופריפטון (אצות וחד תאיים היוצרים קרום אורגני על מצע) משמשים כמזון לכל המינים, במידה רבה או נמוכה, אולם מיני *Oreochromis* הם בעיקר אוכלי יצורים זעירים בעוד מיני הסוג *Tilapia* אוכלי צמחים עילאיים. למרות שהאחרונים ניזונים ע"י סינון אצות זעירות בצעירותם, בבגרותם הם עושים זאת רק לעתים רחוקות. מספר מינים מסננים אצות זעירות ניזונים גם על זואופלנקטון. ראוי לציין עם זאת כי לאמנונים גמישות תזונתית רבה והם מראים שונות עונתית במזונם הטבעי ובהעדף מזון מועדף יעברו למזונות

אחרים. בטבע מוצאים מגוון של התאמות מבנה הפה והשיניים של אמנונים למזונם.

מבנה הפה: במשפחת האמנוניים שלוש שיטות עיקריות לתפיסת המזון: שאיבה - שבה המזון נשאב אל תוך חלל הפה בעוד הדג ניח, סינון - הדג שוחה בפה פעור וקולט מזון עם המים, ונשיכה - שימוש בשינון ע"ג הלסתות לתפיסת המזון. למרות שכל השיטות מוכרות באמנונים, התמחויות מורפולוגיות להתאמה לשיטה זו או אחרת אינן שכיחות כמו בקבוצת ההאפלוכרומינים. אין כמעט שונות בצורת הראש או בצורת חלל הפה בין דוגרי-הפה האימהיים. המזון הנאסף בסינון ובשאיבה נתפס באמצעות מסננת קשתות הזימים וחוטירר המופרשים מתאים מיוחדים לכך הממוקמים בקשתות הזימים. בניגוד לבעלי חיים אחרים הריר אינו מכיל אנזימי עיכול ומטרתו לכידת



איור 2: מבט-על על הלסת התחתונה של אמנון מוזמביק. מימין השפה התחתונה ומשמאל עצם הלוע משוננת; במרכז קרני הזימים

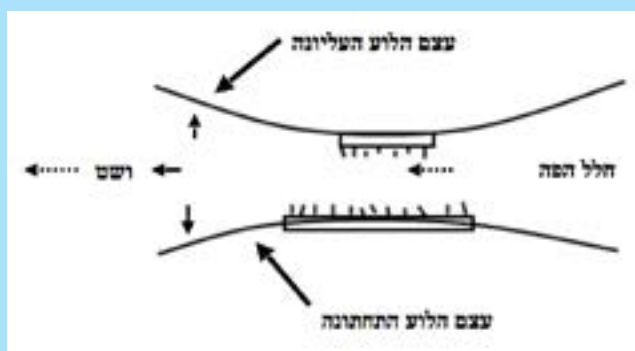
[מקור: © Jubb, 1967; Courtesy of the Albany Museum, Grahamstown, South Africa]



משטחים משוננים על גבי הלסתות

איור 1:

סינון השפתיים באמנון [צילום: אבנר כנעני]



איור 4: מבט-צד סכמטי על מתקן הלוע באמנון. החצים מסמנים את כיוון תנועת הלסתות בעת גריסת המזון [מעובד על פי Fryer and Iles, 1972]



איור 3: עצם הלוע התחתונה במיני אמנונים. מלמעלה משמאל בכיוון השעון: אמנון רנדאלי, T. cabrae, אמנון מוזמביק, אמנון גליל, אמנון יאור. [מקור: Beveridge and Baird, 2000 with Springer permission]

הזנה ומזונות טבעיים

בבריכות ומקווי מים טבעיים יש מזון טבעי רב הזמין לדגי האמנון: אצות רב וחד תאיות וכן מגוון עשיר של זואופלנקטון וחרקים. ככל שטמפרטורת המים גבוהה יותר ומשך זמן התאורה הטבעית גבוה יותר יתקבל עושר רב יותר של מזון טבעי בבריכה. במקומות רבים בעולם נהוג להעשיר את מי בריכות הגידול בחומר אורגני על מנת שישמש להגברת כמות המזון הטבעי העומדת לרשות הדגים. החומר האורגני המשמש לשם כך הוא פסולות חקלאיות שונות או הפרשות של בעלי חיים. במזרח הרחוק נהוג לגדל עופות בכלובים מעל הבריכות כשהפרשות העופות המגיעות אל המים ומכילות חנקן וזרחן משמשות לגדילה מואצת של אצות והללו משמשות קרקע מזון למגוון מיני זואופלנקטון הניזון עליהן. בשיטות דומות נהוג לגדל בעלי חיים ליד הבריכות ולהעשיר את מי הבריכה בכמויות מדודות של הפרשות בעל החיים. בדרך זו ניתן למחזר פסולות ולהאיץ את גדילת הדגים. העשרת הבריכה בחומר אורגני הייתה נהוגה גם בארץ אך המעבר לגידול אינטנסיבי של דגים חייב מעבר למזונות מלאכותיים תוך הסתמכות מועטת ביותר על מזונות טבעיים. שיטה טבעית נוספת להעשרת המזון הטבעי העומד לרשות הדגים הינה על ידי הפעלת תאורה מעל מי הבריכה. תאורה זו מושכת חרקים אשר מטילים ביצים במים או לחילופין נופלים לתוך המים ומשמשים ישירות כמזון לדגים. פריפיתון (Periphyton) מורכב מתלכיד של אצות, ציאנובקטריה, חיידקים הטרוטרופיים וחומר רקבובי (דטריטוס). פריפיתון מצוי בכל מקווי המים

המזון. האכילה מבוצעת ע"י נשיכה וגירוד מסתייעת בשיניים הממוקמות בקדמת הלסתות באחת עד חמש שורות (איור 1).

צורת העצמות, המבנה שלהן, כמות השינון וצורת השיניים מצטיינת בשונות רבה בתוך המשפחה בהתאמה למזון הטבעי האופייני למינים השונים. למיני Tilapia אוכלי הצמחים שיניים גסות וחזקות, בעוד למינים מסנני הפלנקטון כמו אמנון היאור שיניים רבות, דקות ועדינות (איור 3). המזון הנכלא בין שני המשטחים נגרס כתוצאה מתנועה מהירה בכיוונים מנוגדים (איור 4). ריר המיוצר בבסיסי השיניים על-גבי עצמות הלוע משמש כנראה לסיכה של מתקן הלוע. המזון הגרוס נדחף אל הושט ע"י תנועה לאחר של עצם הלסת העליונה ודרכו אל צינור העיכול.

צינור העיכול: לאמנונים וושט קצר המוביל אל קיבה דמוית-שק המופרדת ממעי ארוך ומפותל, האופייני לאוכלי צמחים, באמצעות שריר סוגר. אורכו של המעי באמנון בוגר גדול פי כמה (עד פי 8) מאורכו הכללי של הדג והוא דומה במינים השונים למרות הרגלי התזונה השונים (איור 5). בלוטות הנמצאות בקיבה מפרישות חומצה בנוכחות מזון בקיבה, וחומציות הקיבה (ה-pH) תלוי במידת מילוי הקיבה. עם עלות השחר, לאחר התחלת אכילה, מתחילה הפרשת החומצה. קצב הפרשת החומצה עולה באופן מעריכי (אקספוננציאלי) וה-pH יורד בהדרגה ועשוי להגיע עד ערך של pH = 1 - נמוך (חומצי) יותר מכל דג גרם אחר. עם הפסקת האכילה נפסקת הפרשת החומצה, ובלילה, כשהקיבה פחות או יותר ריקה עולה ה-pH בקיבה ומתקרב לערך של 7.

ומשמש מזון טבעי נפוץ ובעל תכולת חלבון גבוהה יחסית לדגים (איור 6). דגי האמנון אינם יכולים לאכול באופן ישיר חיידיקים (המכילים 70% חלבון) אך הם יכולים בקלות להיזון מתלכיד המכיל חיידיקים ובכך הם הופכים לזמינים לדגים.

נהוגות שיטות שונות להגדלת בסיס השטח בבריכה הזמין לקליטת פריפיתון. אחת הדרכים הנפוצות במזרח הרחוק ובמערב אפריקה הינה הכנסת צמחיה כגון כפות תמרים או ענפים שונים למים. חיסרון השיטה נובע מכך שהחומר הצמחי עובר פרוק במים ואיננו יכול לשמש כמצע לאורך זמן. דרכים אחרות כוללות הכנסת חומרים פלסטיים שאינם מתפרקים ויכולים לשמש כמצע לאורך זמן. המצע צריך להיות מוצב בחלק העליון של מי הבריכה החשוף לאור השמש כך שהתפתחות האצות עליו תהיה מיטבית. ניסויים שנערכו בארץ הראו ששימוש ברשתות פלסטיק, המגדילות משמעותית את שטח הפנים, מאפשר יצירת 2 גרם (משקל יבש) של מזון למ"ר רבוע רשת ליום. כן נמצא שצבע הרשת משפיע על כמות הפריפיתון הנוצרת - על רשת לבנה הכמות הייתה כמעט כפולה מזו שנוצרה על גבי רשת שחורה.

בשלבי חייהם הראשונים של הדגיגים יש חשיבות מרבית למזון הטבעי בבריכה שכן מערכת העיכול של הדגים איננה מפותחת כל צרכה וחסרה חלק מאנזימי העיכול. תפיסת מזון חי (זואופלנקטון) מאפשרת לדגים לעשות שימוש באנזימי העיכול של הטרף ובכך ליעל את תהליך עיכול המזון. ככל שהדגיגים גדלים ומפתחים מערך אנזימטי מלא משלהם התלות במזון החי יורדת.

באזורים טרופיים, במקומות בהם מסתמכים על הזנה

טבעית בלבד ולא נעשה שימוש במזון מלאכותי מוסף ניתן להגיע ליבול מקסימאלי של כ- 350-400 ק"ג ל-1000 מ"ר (דונם אחד) של בריכה. בארץ ניתן להגיע בשיטה זו ליבול מקסימאלי של כ- 150 ק"ג לדונם בריכה ובאמצעות העשרת הבריכה והעמדת מצע מתאים להתפתחות מוגברת של פריפיתון ניתן להגיע כמעט להכפלת היבול. המחסור במים ובשטחים לגידול דגים בארץ מחייב לעבור לגידול אינטנסיבי של דגי האמנון, ולכך נדרש שימוש במזון מלאכותי המיוצר בשיטות שיתוארו להלן.

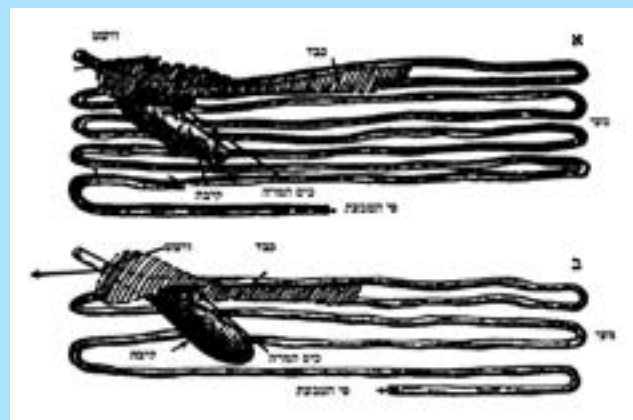
מזונות האמנון המשמשים בגידול מלאכותי אינטנסיבי לאמנון קיבה ומעיים ארוכים יחסית. נתונים אנטומיים אלה מאפשרים לו לנצל ביעילות מגוון רחב של מזונות ממקורות צמחיים כמו גם מזונות מן החי והוא מוגדר כדג אוכל כל. מזון מלאכותי לאמנון מתוכנן כך שישפך לדג את צרכיו התזונתיים אולם בתכנון המזון עבור דגים המגודלים בבריכות עפר יש להתחשב בתרומה של הסביבה לתזונת הדג ולכלול במזון רק את אותם מרכיבים שבית הגידול אינו יכול לספק.

תכולות נדרשות במזון: חלבון - כללי וחומצות

אמינו חיוניות; שומן - כללי וחומצות שומן חיוניות; פחמימות כמקור אנרגיה וחומר קישור; אנרגיה נעכלת; מינרלים וויטמינים. בטכנולוגיה הקיימת היום נעזרים בתוכנת מחשב הבוחנת בו זמנית את מחיר חומרי הגלם השונים והשילוב המיטבי ביניהם. כך ניתן להגיע לשילוב אופטימאלי של חומרי גלם אשר יספק את כל הדרישות התזונתיות של הדג בעלות



איור 6: צילום פריפיתון במקווי מים



איור 5. תיאור דיאגרמטי של צינור העיכול באמנון יאור (א) ובאמנון מצוי (ב).

הנמוכה ביותר. המזון מהווה את ההוצאה העיקרית מבין ההוצאות השוטפות בגידול דגים (כ-60%) ועל כן כל חיסקון במרכיב יקר זה יביא להגדלת רווחיות הגידול. ככלל הגברת נצולת המזון בדגים תורמת להקטנת הזיהום הסביבתי ובמקביל מקטינה את הוצאות הייצור.

תכולות המזון: הדרישות התזונתיות של דג האמנון נמוכות יחסית לדגים אחרים כמו טורפים למיניהם, קרפיון ועוד. חלבון - תכולת החלבון והאנרגיה הנעכלת גבוהה בשלבי הגידול הראשונים ויורדת עם העלייה במשקל הדג. במזונות המיועדים לשלבי הגידול הצעירים לדוגמא, תכולת החלבון נעה בין 40% ל-50% והיא יורדת עד ל-25% במזון המיועד לשלבי הפיטום המאוחרים. בדרך כלל, תכולת החלבון במזונות הפיטום היא 30-32%. הרכב אבני הבניין של החלבון (חומצות האמינו) חשוב אף הוא ורמת חומצות האמינו החיוניות בהרכב החלבון הנדרש על ידי האמנון אף היא נמוכה בהשוואה לדגים אחרים. שומן - האמנון מתקשה לנצל רמות שומן גבוהות במזונו. רמות השומן במזונות האמנון נעות בין 3% ל-8% בהתאם לגודל הדג ורמת החלבון במזון. רמת שומן עודפת במזון תגרום לצבירה של שומן רב בחלל הבטן של הדג ובמקרים רבים תגרום לכבד שומני וקשיים בתפקודי כבד. תאית - מרכיבי דופן תא (תאית, NDF) הינם בד"כ בעלי נעכלות נמוכה. לאמנון יכולת טובה להתמודד עם רמות גבוהות של מרכיבים אלה במזונו, בעיקר בשלב הפיטום. עובדה זו מאפשרת שימוש במזונות צמחיים, עשירים במרכיבי דופן תא, בהרכבת מזונות האמנון.

קבוצות החומרים המשמשות חומרי גלם ליצור מזונות האמנון כיום:

גרעינים - חיטה, סורגוס, תירס, שעורה, שבולת שועל, דוחן. גרעינים הינם מקור עיקרי לעמילן ובנוסף הם מספקים גם מעט חלבון ושומן. העמילן שבמזון הינו מקור אנרגיה חשוב במזון האמנון. בנוסף, בעת הכנת הכופתיות החום גורם לעמילן להפוך דביק ועל כן הוא מרכיב הכרחי בקשירת מרכיבי המזון לכופתית יציבה ועמידה.

כוספאות - סויה, לפתית, חמניות, כותנה. הכוספאות הינן מוצר לוואי הנשאר לאחר שהופקו שמני מאכל מן הגרעינים. הן עשירות, יחסית, בחלבון אך הרכב חומצות האמינו החיוניות בהן אינו מאוזן לצורכי האמנון (ודגים בכלל). הכוספאות עשירות במרכיבי דופן תא צמחי בעלי נעכלות נמוכה ולכן תכולת האנרגיה הנעכלת בהן נמוכה יחסית. מבין הכוספאות, כוספת הסויה הינה בעלת הרכב חומצות האמינו הטוב ביותר עבור האמנון. כוספת סויה מהווה לרוב את מקור החלבון העיקרי במזון האמנון.

מוצרי לוואי של תעשיות מזון ודלק - סובין חיטה סובין (לטש) אורז הם תוצרי לוואי של טחנות קמח ומלטשות

אורז. סובין עשיר במרכיבי דופן תא ורמת החלבון בו נמוכה יחסית. גלוטן תירס - מוצר לוואי של תעשיית העמילן. עשיר מאד בחלבון אך החלבון בו אינו מאוזן. בעל תכולת אנרגיה נעכלת גבוהה. קמח גלוטן תירס גם הוא מוצר לוואי של תעשיית העמילן, בעוד DDGS Dried Distillers Grains with Solubles הוא תוצר לוואי של תעשיית האתנול (המשמש כדלק למכוניות) - הם מכילים חלבון ברמה בינונית ובלתי מאוזן, ומרכיבי דופן תא ברמה גבוהה. קטניות שונות כמו תורמוס ושעועית למיניה משמשים מקור טוב לחלבון ועמילן במזונות לאמנון. צמחי שורש כדוגמת טפיוקה משמשים מקור לעמילן במזון האמנון.

חלבונים מן החי: קמח דגים נחשב במשך שנים למקור חלבון מעולה במזונות לדגים (ועופות). רמת החלבון הגבוהה בו (60% ומעלה), הרכב חומצות אמינו אופטימלי, חומצות שומן מסדרת אומגה-3 ותכולת זרחן גבוהה, כל אלה בשילוב נעכלות גבוהה והיותו מעודד צריכה, הופכים את קמח הדגים למרכיב מזון אידיאלי. קמח דגים הינו המרכיב היקר ביותר מבין חומרי הגלם במזונות לדגים.

בשנים האחרונות ישנה עלייה ניכרת במחיר קמח דגים בעולם הנובעת מהפער בין ההיצע המצטמצם לביקוש הגדל והולך לקמח דגים בהזנת דגים בחקלאות מים. לרוע המזל, הזמינות היורדת והמחיר העולה של קמח הדגים, גרמו להוצאתו מחלק גדול ממזונות הדגים ובתוכם מזונות האמנון. על מנת למנוע עליות מחירים תכופות של מזונות הדגים ועל מנת להוריד במידת האפשר את מחירי המזון, נערכים ניסיונות למציאת חומרי גלם חלופיים שמחירם נמוך יותר ויציב יותר ביחס לזה של קמח הדגים. מלבד המחיר חשוב גם לוודא שחומר הגלם החלופי לא יפגע בקצב הגדילה ובבריאות הדגים. נכון לעת הזו, לאחר מספר שנות מחקר, ניתן לייצר מזון איכותי לדג האמנון ללא כל שימוש בקמח דגים.

חמרי גלם חלופיים התורמים חלבון מן החי הם מוצרי לוואי של תעשיית העופות: קמח עוף מיוצר מהקרביים וחלקים אחרים של פטמים והודים בעת עיבודם. זהו מקור חלבון מצוין ובנוסף הוא תורם שומן ומינרלים. החומר מהווה תחליף טוב לקמח הדגים במזון האמנון. קמח נוצות מכיל רמת חלבון גבוהה ביותר אולם חלבון זה אינו מאוזן ובמצבו הטבעי כמעט ואינו נעכל. טיפול בחום ובלחץ גבוה משפר מאד את נעכלות חלבון הנוצות והופך אותו למקור חלבון כלכלי במזונות האמנון. קמח דם עופות מכיל חלבון ברמה גבוהה ביותר והוא עשיר בחומצת האמינו החיונית ליזין. החומר רגיש לחום ועיבודו בדרך לא מתאימה פוגעת מאד בנעכלותו. קמח דם שעובד כראוי (בתרסיס) הינו מקור חלבון מעולה. קמחי בשר בקר מופקים משאריות של בתי המטבחיים לבקר. הם מקור טוב לחלבון ומינרלים. יחד עם זאת עקב מחלת "הפרה המשוגעת" העלולה להיות מועברת בעת שימוש בקמחים אלה, הם אינם בשימוש כיום במזונות לדגים.

שמנים: דג האמנון זקוק לשומן במזונו הן כמקור אנרגיה והן כמקור לחומצות שומן חיוניות. האמנון זקוק לגדילתו בעיקר לחומצות שומן מסדרת אומגה-6 ולמעט חומצות שומן מסדרת אומגה-3. בניגוד למיני דגים אחרים כמו טורפים או קרפיונאים למשל, האמנון אינו מסוגל לנצל רמות גבוהות של שומן במזונו ולכן מזונות האמנון מאופיינים על פי רוב בתכולת שומן נמוכה יחסית. השמנים העיקריים המשמשים ביצור מזון לאמנון הינם שמן סויה, שמן עופות ולעיתים מעט שמן דגים.

מינרלים: האמנון, כמו כל הדגים, מסוגל לספוג מינרלים מסיסים ישירות מן המים דרך הזימים אבל רוב המינרלים "הגדולים" צריכים להינתן במזון על מנת להבטיח אספקה סדירה שתאפשר גדילה מרבית. סידן מסופק ישירות במזון ממספר מקורות, בנוסף לספיגה מהמים. על אלה נמנים גיר, דו סידן זרחתי וכן שאריות העצמות שמקורן בחלבון מן החי. זרחן-מזונות האמנון עשירים יחסית בזרחן אבל הזרחן מהמקורות הצמחיים אינו נעכל כמעט על ידי הדג. כדי לספק את צרכי הזרחן של הדג יש לספק לו זרחן מינרלי בצורת דו- או חד-סידן זרחתי, או שאריות העצמות שמקורן בחלבון מן החי. לחילופין ניתן לעשות שימוש באנזים פיטאז המשפר את זמינות הזרחן מן המקורות הצמחיים. מלח - בשנים האחרונות נמצא (ראה פרוט ברשימת החומר לקריאה נוספת) שהוספת מלח למזון האמנון בכמות של עד 3% מן התכולה משפרת את ביצועי הגדילה. מחיר המלח נמוך ביותר ועל כן עלות הוספתו נמוכה משמעותית לעומת השיפור המתקבל בניצולת המזון. יסודות קורט (מיקרו-אלמנטים) - נחושת, אבץ, ברזל, מנגן, סלניום, קובלט ויוד - נהוג להוסיף יסודות אלה במזונות לגידול אמנונים במערכות סגורות וכן לדגיגים ולדגי רביה. בגידול חצי-אינטנסיבי במים ירוקים לא נמצאה תועלת בהוספת יסודות אלה למזון ונראה שהם מסופקים ברמה מספקת ע"י המזון הטבעי.

ויטמינים: בגידול אמנונים במערכות בעומס נמוך עם מים ירוקים אין תועלת בהוספת ויטמינים למזון שכן הדג מקבל את כל צרכיו מן האצות, הצמחייה והזואופלנקטון שבמערכת. בתנאים מסוימים של צפיפות גידול גבוהה יש הכרח להוסיף ויטמינים למזון. נהוג להוסיף ויטמינים בגידול במערכות אינטנסיביות בהן אין לדגים גישה למזון טבעי, וכן בטמפרטורות מים נמוכות בהן מערכת החיסון של הדגים נחלשת כדי לעודד את פעילותה. בתנאי עקה הדרישה לחלק מן הויטמינים עולה. לדגיגים מוסיפים ויטמינים למזון בגלל רגישותם ולדגי רביה כדי להבטיח פוריות גבוהה ושרידות טובה של הלוות.

חומצות אמינו סינטטיות: מספר חומצות אמינו חיוניות כמו ליזין, מתיונין ועוד, מיוצרות היום באופן מלאכותי. זמינותן מאפשרת גמישות רבה ביותר

בבחירת מרכיבי המזון ואף יצור מזונות יעילים על טהרת המרכיבים הצמחיים.

תוספים שונים: מסיבות שונות לעיתים יש להוסיף למזונות האמנון תוספים שונים. על אלה נמנים חומרים מעכבי עובש, חומרים נוגדי חמצון, חומרים המשמשים כמעודדי מערכת חיסונית, ותרופות (בהתאם למרשם וטרינרי) ועוד. חשוב לשים לב לעמידות של התוספים השונים בתהליך העיבוד באקסטרוזיה בו נוצר חום גבוה העלול לפגוע בהם.

שיטות עיבוד המזון:

כדי להבטיח נעילות טובה, כל מרכיבי המזון צריכים להיאכל בו זמנית כדי להיות מנוצלים על ידי הדג בצורה מיטבית. חלקיקי המזון צריכים להיות קטנים ביותר וזאת על מנת להבטיח חשיפה מרבית שלהם לאנזימי מערכת העיכול. בנוסף, יש להבטיח שכל מרכיבי המזון יהיו מלוכדים יחד לכופתית חזקה ועמידה במים למשך זמן מספיק, כדי שיאכלו במהירות וביעילות על ידי הדגים. האמנון הוא אמנם דג מסנן אשר מסוגל לאסוף גם חלקיקי מזון קטנים ביותר אבל הוא יצטרך להשקיע אנרגיה רבה באיסופם. מזון שהתפורר וחלקיקיו התפזרו לפני שהדגים הספיקו לאכלם יהיה פחות יעיל ואף יגרום, בסופו של דבר, לזיהום המים. ככלל, יש יתרון ברור להזנת האמנון במזון צף. הזנה במזון הצף מאפשרת מעקב מדויק אחר צריכת המזון על ידי הדגים ולכן מונעת האכלה בעודף או בחוסר. בנוסף, המזון עמיד במים לאורך זמן ואינו מתפרק גם אם אכילתו איטית ומתמשכת. יתרונות נוספים של המזון הצף הם היותו מוגש בסביבה העשירה ביותר בחמצן והנוחה ביותר לדגים וכן יכולתו להתפזר על פני שטח נרחב, דבר המאפשר גישה למזון למספר רב של דגים בו זמנית. במצבים מסוימים לא ניתן להזין במזון צף, למשל כאשר יש בבריכה ריבוי של עופות האוכלים את המזון הצף או טורפים את הדגים העולים לפני השטח לאכול את המזון. גם כאשר יש רוחות חזקות בזמן ההאכלה יש קושי להזין במזון צף כי הוא נסחף לדפנות הבריכה. במצבים כאלה יש להשתמש במזון שוקע.

האמצעים ליצור כופתית עמידה הינם רמה מספקת של עמילן במזון, גריסת המרכיבים לחלקיקים קטנים ככל האפשר, בישול העמילן (ג'לינציה) ודחיסה בלחץ של התערובת לצורה הסופית. ישנן שתי צורות עיבוד עיקריות להכנת מזון לדגים:

כיפתות במכש: לאחר גריסתו וערבול מרכיביו מקבל המזון טיפול מקדים בקיטור ואחרי כן נדחס דרך מטריצה עם חורים בגודל הרצוי. לאחר מכן החומר מקורר ומיובש על ידי הזרמת אויר דרכו. יתרון השיטה - השקעת אנרגיה נמוכה, הספקים גבוהים, עלות העיבוד נמוכה.

חסרון השיטה - דרגת הגילטיניזציה של העמילן שבמזון נמוכה, עמידות המזון במים נמוכה, לא ניתן ליצר מזון צף בטכנולוגיה זו.

אקסטרוזיה: לאחר גריסתו וערבולו מקבל המזון טיפול מקדים בקיטור ומים במשך זמן ארוך יחסית. לאחר מכן החומר עובר דחיסה, לישה וערבול בתוספת קיטור ומים. התהליך מאופיין בלחץ גבוה וטמפרטורת בישול גבוהה. בסוף התהליך החומר נידחס דרך מטריצה בגודל החור הרצוי. בשלב הסופי המזון עובר יבוש בטמפרטורה גבוהה ולבסוף, קירור בזרם אויר. יתרון השיטה - גילטיניזציה גבוהה של העמילן. עמידות מצוינת של המזון במים. שליטה מלאה על המשקל הנפחי של המזון - צף או שוקע. עיקור (סטריליזציה) מלא של המזון, ניטרול מעכבי עיכול, הקטנה ניכרת בכמות האבקה הנושרת מן הכופתיות לאחר הכנתן. חסרון השיטה - עלויות העיבוד גבוהות: עלות הציוד גבוהה, צריכת אנרגיה גבוהה בתהליך העיבוד, ההספק נמוך יחסית, הרס מוגבר של ויטמינים.

גודל חלקיקי המזון:

גודל חלקיקי המזון צריך להיות מותאם לגודל הדגומפתת הפה שלו. לנושא זה חשיבות משני היבטים - ראשית צריך להיות מתאם כלשהו בין מספר הדגים בבית הגידול למספר חלקיקי המזון כך שלמספר מקסימאלי של דגים תהיה גישה למזון בו זמנית. שנית, כאשר גודל המזון אינו מתאים למפתח הפה של הדגים יש בזבז אנרגיה רבה באיסוף או באכילת מזון קטן או לחילופין בזבז מזון שאינו זמין לדגים ועובר פירוק במים לפני שנאכל על ידי הדגים. מזונות בעלי גודל חלקיקים קטן מ- 1.5 מ"מ מיוצרים, בדרך כלל, על ידי ריסוק של כופתיות גדולות יותר לפירורים בגודל הרצוי. בטכנולוגיה הקיימת ניתן לייצר כופתיות בקוטר החל מ- 1.5 מ"מ ועד 8 מ"מ. גודל המזון המוגש מותאם לגודל מפתח הפה של הדגים החלקיקים הקטנים (1.5 מ"מ) מתאימים לדגים בטווח המשקלים של כ- 10 ג' לעומת זאת הכופתיות בגודל 8 מ"מ מתאימות לדגים במשקלים של 700-800 ג'.

אחסון המזון וחיי מדף:

המזון, כמו כל חומר ביולוגי, עובר תהליכי חמצון ופירוק. ככל שטמפרטורת הסביבה גבוהה יותר תהליכי הפירוק יהיו מהירים יותר. מזונות האמנון עמידים יחסית בסביבה חמה וזאת עקב רמת השומן הנמוכה שבהם. בנוסף, רוב השומן במזון מכיל מעט חומצות שומן רב-בלתי רוויות שלהן רגישות גבוהה לחמצון. מזונות המכילים תוספת ויטמינים הינם בעלי רגישות גבוהה יותר לחום.

באחסון בצל ניתן לשמור מזונות אמנון מספר חודשים גם בתקופת הקיץ. לעומת זאת מזונות המאוחרסנים בתפזורת במיכלים חשופים לשמש לא מומלץ לאחסן

בתקופת הקיץ לפרקי זמן העולים על חודש ימים. שמירת המזון בתנאי קירור יכולה להאריך משמעותית את חיי המדף שלו. על פי רוב תאריך התפוגה של המזון הוא כחצי שנה לאחר יצורו. יש חשיבות רבה לשמירת המזון יבש ולהימנע מחשיפתו לרטיבות. במזון לח יתפתחו פטריות עובש העלולים ליצר רעלנים המזיקים לדגים (כגון אפלטוקסין היכול לגרום נזקים לכבד ובמקרים קיצוניים לגרום למוות). חשוב לנקות את מיכלי המזון מדי פעם כדי לסלק עובשים המתפתחים על דפנות מיכלי המזון.

משטר ההזנה:

המזון המוגש צריך להיאכל מהר ככל האפשר על ידי הדגים. שהות ממושכת של המזון במים בטרם נאכל גורמת לאיבוד מרכיבים תזונתיים מסיסים כמו סוכרים, חלבון, ויטמינים, מינרלים ועוד. בשהייה ממושכת במים בטמפרטורות גבוהות יחסית מתחילים תהליכי תסיסה ואיבוד נוסף של הערך התזונתי.

יש להזין את הדגים מספר פעמים ביום ולדאוג שהמזון יפוזר על שטח נרחב מספיק כדי לאפשר למקסימום דגים גישה בו-זמנית למזון ולמנוע מצב שבו פרטים דומיננטיים ישתלטו על איזור ההאכלה. גודל המנה בארוחה אינו אחיד. בדרך כלל, בארוחה ראשונה הדגים יצרכו כמות מזון גדולה יותר שכן במשך הלילה הם אינם אוכלים. דג האמנון מגיע לפעילות מרבית של מערכת העיכול - הפרשת אנזימים וחומצה כלורית - כשעתיים לאחר אור ראשון. יש להתאים את תחילת ההזנה לדפוס פעילות זה. רצוי לשמור את הדגים רעבים במקצת וזאת כדי להבטיח צריכה מלאה של המזון המוגש תוך פרק זמן קצר.

על מנת לעזור למגדל בקביעת מנת המזון הדרושה לדגים פותחו טבלאות הזנה המבוססות על מחקרים וניסיון ארוך שנים. טבלאות אלה לוקחות בחשבון את גודל הדגים הצרכים המשתנים בהתאם לטמפרטורה ותכולת המזון. דגים קטנים גדלים בקצב מהיר ביותר וזקוקים על כן לכמויות מזון גדולות יותר (עד 30% ממשקל גופם ליום) ולתכולה גבוהה יותר של חלבון לבניית רקמות גופם. דגים גדולים זקוקים לפחות מזון ותכולת החלבון בו יכולה להיות קטנה יותר. דגים הינם בעלי דם קר ולפיכך ככל שהטמפרטורה תהיה גבוהה יותר פעילות הדגים תגדל וכך גם צריכת המזון (ראה טבלה 1).

הזנה יעילה תביא לנצילות מזון או יחס היפוך מזון (= FCR Feed Conversion Ratio) טוב. יחס זה נקבע על פי משקל המזון הניתן לדג על מנת לייצר ק"ג דג. יחס זה עומד בדרך כלל בשלב הפיטום באמנונים על 1.2-1.8, כלומר ליצירת ק"ג אחד של דג נדרשים 1.2-1.8 ק"ג של מזון. שימוש במזון עשיר יותר בחלבון יביא ליחס משופר יותר ולנצילות מזון טובה יותר (ראה טבלה 2).

טמפרטורת המים		20-22°C	22-24°C	24-26°C	26-28°C	28-30°C
גודל הדג בגרמים	תכולת חלבון בק"ג מזון (גרם)					
10-25	400	2.62	3.15	3.79	4.52	5.37
25-50	400	1.83	2.20	2.64	3.15	3.74
50-75	370	1.54	1.86	2.23	2.67	3.16
75-100	370	1.33	1.60	1.92	2.29	2.72
100-150	350	1.22	1.47	1.76	2.10	2.49
150-200	350	1.06	1.28	1.52	1.81	2.14
200-300	350	0.95	1.14	1.35	1.60	1.88
300-400	320	0.87	1.04	1.25	1.48	1.75
400-500	300	0.82	0.99	1.19	1.42	1.68

טבלה 1: טבלת הזנה לאממונים בגדלים שונים ובטמפרטורות גדילה שונות. מנת המזון ליום מבוטאת כאחוז מתוך הביומסה של הדגים.
[מקור: דו"ח של אינגריד לופטש שהוגש לאגף הדיג 2006]

גיל (ימים)	תקופת ההזנה (ימים)	משקל ממוצע (גרם)	תוספת משקל (גרם/יום)	קצב נדילה, SGR (% ביום)	שעור האכלה יומי (% מביומסה)	מזון לדג (גרם/דג/יום)	כמות מזון מצטברת
1	1-10	0.5	0.27	18.68	30	0.2	
10	10-20	3.2	0.43	8.50	8.3	0.3	0.46
20	20-30	7.6	0.61	5.92	5.3	0.4	0.55
30	30-40	13.7	0.79	4.55	4.7	0.6	0.60
40	40-50	21.6	0.97	3.70	4.4	1.0	0.68
50	50-60	31.3	1.15	3.12	4.2	1.3	0.77
60	60-70	42.7	1.32	2.70	3.7	1.6	0.87
70	70-80	56.0	1.50	2.38	3.6	2.0	0.95
80	80-90	71.0	1.68	2.12	3.5	2.5	1.03
90	90-100	87.8	1.86	1.92	3.3	2.9	1.12
100	100-110	106.4	2.04	1.75	3.2	3.4	1.19
110	110-120	126.7	2.21	1.61	3.1	3.9	1.27
120	120-130	148.9	2.39	1.49	2.9	4.3	1.35
130	130-140	172.8	2.57	1.39	2.6	4.5	1.41
140	140-150	198.5	2.75	1.30	2.4	4.8	1.45
150	150-160	226.0	2.93	1.22	2.3	5.2	1.49
160	160-170	255.2	3.10	1.15	2.2	5.6	1.52
170	170-180	286.3	3.28	1.09	2.1	6.0	1.55
180	180-190	319.1	3.46	1.03	1.9	6.1	1.58
190	190-200	353.7	3.64	0.98	1.8	6.4	1.60
200	200-210	390.1	3.82	0.93	1.7	6.6	1.61
210	210-220	428.2	3.99	0.89	1.7	7.3	1.62
220	220-230	468.2	4.17	0.85	1.6	7.5	1.64
230	230-240	509.9	4.35	0.82	1.5	7.6	1.65
240	240-250	553.4	4.53	0.79	1.45	8.0	1.66
250		598.7					1.67

טבלה 2: טבלת גידול והזנה לאממוני מכלוא. הוכנה ע"י נתן גור ונתן קינסבורסקי ז"ל.
מתואמת לפיטום בטמפרטורת מים של 27-29 מ"צ.
מנת המזון ליום מבוטאת כאחוז מתוך הביומסה של הדגים.



לקריאה נוספת:

- Beveridge MCM, Baird DJ (2000). Diet, feeding and digestive physiology. In: MCM Beveridge, BJ McAndrew (Eds.) *Tilapias: biology and exploitation*. Kluwer Academic Publishers, London, pp. 33-58.
- Cnaani A, Barki A, Slosman T, Scharcanski A, Milstein A, Harpaz S (2010). Dietary salt supplement increases the growth rate in freshwater cultured tilapia hybrids. *Aquacult. Res.*, 41:1545-1548.
- Hakim Y, Uni Z, Hulata G, Harpaz S (2006). Relationship between intestinal brush border enzymatic activity and growth rate in tilapias fed diets containing 30 or 48% protein. *Aquaculture*, 257:420-428.
- Harpaz S, Uni Z (1999). Activity of intestinal mucosal brush border membrane enzymes in relation to the feeding habits of three aquaculture fish species. *Comp. Biochem. Physiol. A*, 124:155-160.
- Harpaz S, Becker K, Blum R (1999). The effect of dietary L-carnitine supplementation on cold tolerance and growth of the ornamental cichlid fish *Pelvicachromis pulcher*. *J. Thermal Biol.*, 24:57-62.
- Milstein A, Peretz Y, Harpaz S (2008). Periphyton as food in organic tilapia culture: Comparison of periphyton growth on different substrates. *Isr. J. Aquacult. - Bamidegh*, 60: 243-252.
- Milstein A, Peretz Y, Harpaz S (2009). Culture of organic tilapia to market size in periphyton-based ponds with reduced feed inputs. *Aquacult. Res.*, 40:55-59.