



Behnoud Sanat Omid Sabzevaran

بهنود صنعت امید سبزواران

www.bwhnoudsanat.ir

09139409002-09137991439



مهمترین و تخصصی‌ترین خدمات شرکت بهنود صنعت امید سبزواران در صنعت غذا

- مشاوره تخصصی راه‌اندازی خطوط تولید صنایع غذایی
- طراحی و اصلاح فرمولاسیون محصولات غذایی (سنتی، سلامت‌محور، فراسودمند)
- استقرار سیستم‌های ایمنی و کیفیت غذایی (HACCP، ISO 22000، GMP)
- تهیه مستندات فنی، بهداشتی و اجرایی مطابق الزامات سازمان غذا و دارو
- آموزش‌های تخصصی در صنعت غذا
- ممیزی داخلی و آمادگی برای اخذ مجوزهای بهداشتی و گواهینامه‌ها
- طراحی و توسعه محصولات نوآورانه و دانش‌بنیان غذایی
- مشاوره در انتخاب ماشین‌آلات و چیدمان اصولی خط تولید
- فرمولاسیون مواد نگهدارنده طبیعی و آنتی‌اکسیدان‌های خوراکی
- پشتیبانی در برندسازی، بسته‌بندی، ورود به بازار و تجاری‌سازی محصولات



Behnoud Sanat Omid Sabzevaran
بهنود صنعت امید سبزواران

فرمولاسیون مواد غذایی

Food Products Formulation

Hamid Tarakolipour

*Full professor of
Food Process Engineering*

References

- **Food Formulation: Novel Ingredients and Processing Techniques** (IFST Book) .Shivani Pathania and Brijesh Tiwary. Wiley Blackwell.
- **Formulation Engineering of Foods**. Editor(s):Jennifer E. Norton, Peter J. Fryer, Ian T. Norton .John Wiley and sons.
- ***Formulation Technology: Emulsions, Suspensions, Solid Forms***, Hans Mollet, Arnold Grubenmann,copyright WILEY-VCH Verlag GmbH, 2001.
- ***Creating New Foods. The Product Developer's Guide***, Dick and Mary Earle, with the support of the New Zealand Institute of Food Science & Technology (NZIFST), 2001.
- An Integrated Approach to ***New Food Product Development***, Edited by Howard R. Moskowitz,I. Sam Saguy, Tim Straus,CRC Press,Taylor & Francis Group, 2009.
- ***Sensory Evaluation of Food, Principles and Practices***, Harry T. Lawless · Hildegard Heymann, Springer, 2003.
- ***SENSORY EVALUATION TECHNIQUES*** , Morten Meilgaard,Detroit, Michigan,Gail Vance Civille,Boca Raton New York,CRC Press, 1999.
- ***SENSORY TESTING METHODS***, Edgar Chambers IV and Mono Baker Wolf, Editors
- ***The Role of Sensory Analysis in Quality Control***, June E. Yantis

Food Formulation

Novel Ingredients and Processing Techniques

Edited by

Shivani Pathania, Brijesh K. Tiwari



FORMULATION ENGINEERING OF FOODS

Edited by Jennifer E. Norton,
Peter J. Fryer and Ian T. Norton





1 of 9



Page Fit



CHEMICAL FORMULATION OF FORTIFIED FOODS FOR OPTIMAL NUTRITION

Dr. Shweta Tyagi
Dr. Kapil Tyagi
Dr. Ankita Tyagi

تعریف فرمولاسیون غذایی

- فرمولاسیون مواد غذایی به فرایند طراحی و تعیین دقیق مقادیر ترکیبات مواد اولیه برای تولید یک محصول غذایی گفته می شود.

هدف از آن دستیابی به ویژگی های مطلوب غذا مانند ارزش تغذیه ای ، عطر و طعم ، رنگ ، بافت ، ایمنی ، مدت ماندگاری و بازاریابی است.

تعریف فرمولاسیون غذایی

- عوامل زیر در فرمولاسیون غذایی باید در نظر گرفته شوند :
- نیازهای تغذیه ای مصرف کننده
- هزینه مواد اولیه
- ویژگی های حسی (طعم و آروما ، رنگ ، بافت ، پذیرش کلی)
- پایداری و ماندگاری محصول
- مقررات ایمنی غذایی و برچسب گذاری

مراحل فرمولاسیون مواد غذایی

- فرمولاسیون مواد غذایی فرایندی است که طی آن ترکیبات مختلف به منظور تولید یک محصول غذایی خاص، انتخاب و با نسبت‌های دقیق با هم مخلوط می‌شوند. این فرایند شامل مراحل زیر است:

- **1. تعریف هدف و نیازهای محصول**

- مشخص کردن خواص و ویژگی‌های محصول نهایی، مانند طعم، بافت، ارزش غذایی و ماندگاری مورد نظر.

- **2. انتخاب مواد اولیه**

- انتخاب مواد اولیه مناسب با توجه به هدف و نیازهای محصول، با در نظر گرفتن عواملی مانند کیفیت، قیمت و دسترسی.

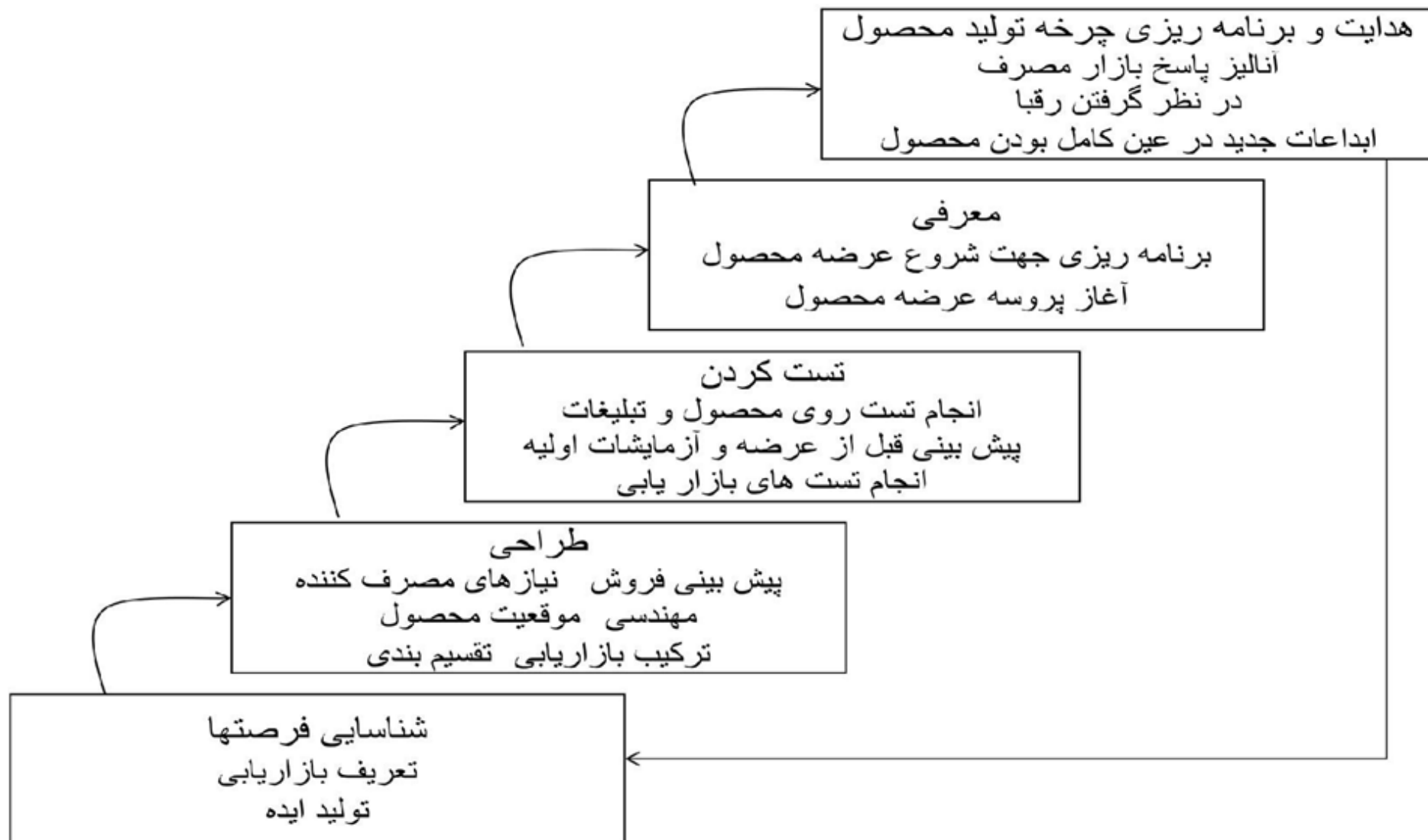
- **3. تعیین فرمول**

- تعیین نسبت‌ها و میزان دقیق مواد اولیه در فرمولاسیون، با استفاده از اطلاعات علمی و تجربی.

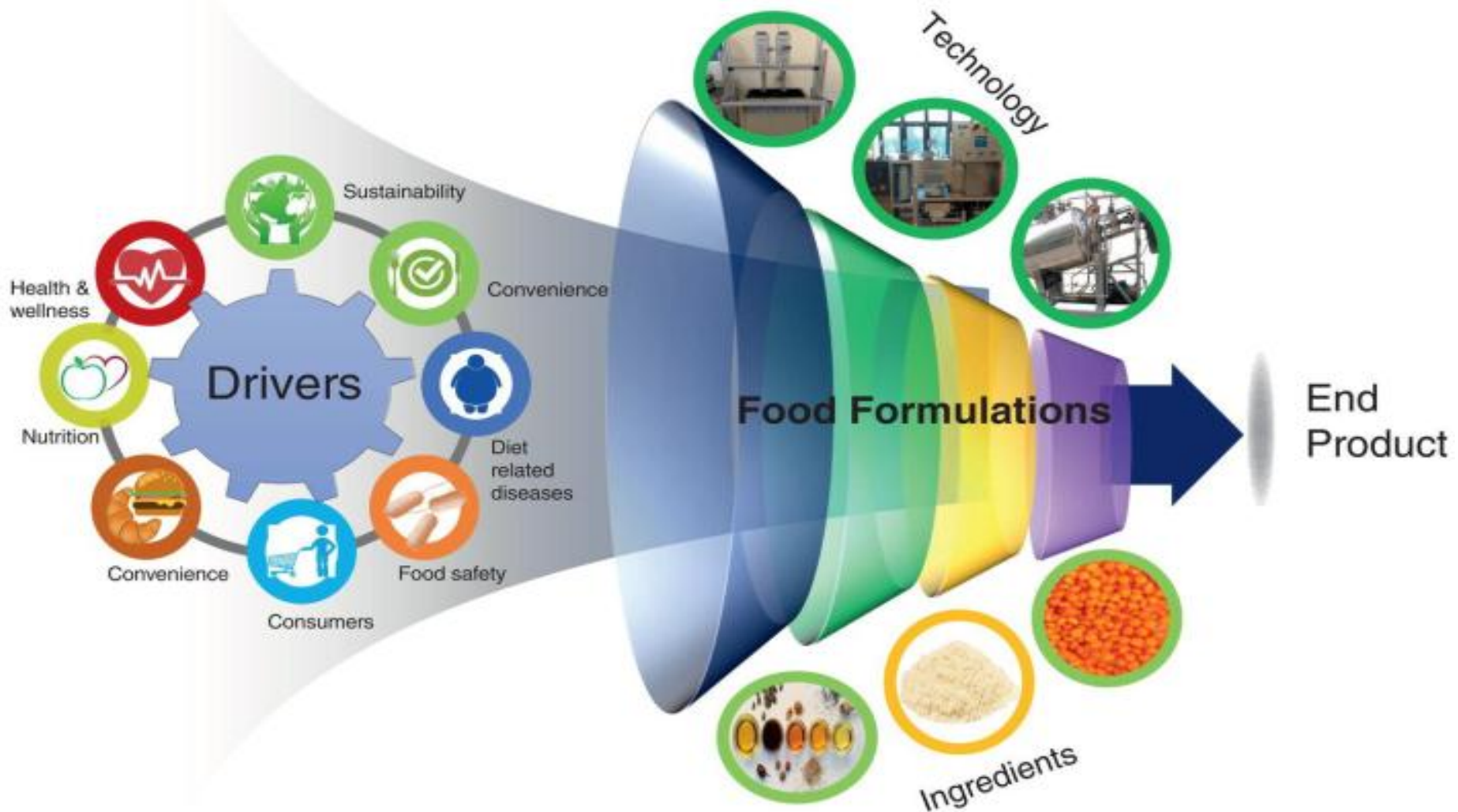
مراحل فرمولاسیون مواد غذایی

- 4. تولید محصول در مقیاس آزمایشگاهی ، انجام آزمایشات و ارزیابی
- انجام آزمایشات برای ارزیابی کیفیت، بافت، طعم و ماندگاری محصول نهایی، و انجام اصلاحات لازم در صورت نیاز.
- 5. تولید نمونه در مقیاس پایلوت
- تولید نمونه‌هایی از محصول نهایی در مقیاس نیمه صنعتی برای ارزیابی نهایی و اخذ نظرات مصرف کنندگان.
- 6. تولید انبوه
- تولید محصول نهایی در مقیاس صنعتی، با رعایت استانداردهای کیفی و بهداشتی.

فرآیند تولید محصول جدید/توسعه خدمات



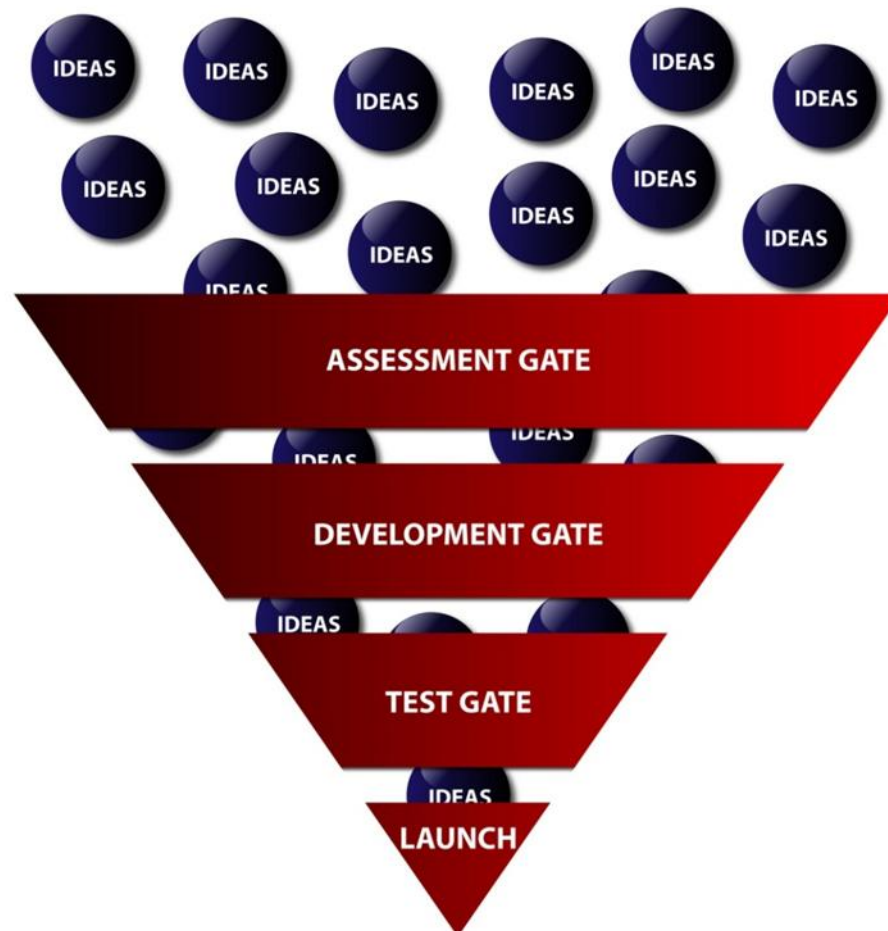
عوامل موثر بر فرمولاسیون محصول جدید



فرایند توسعه محصول جدید (NPD Process)

- در فرایند توسعه محصول جدید ، فرآورده های فعلی دچار تغییراتی خواهند شد از قبیل :
- تغییر در فن آوری تولید
- ترکیبات افزودنی یا بسته بندی
- تغییرات در هر کدام از ویژگی های یک محصول که مستلزم کار و هزینه توسط شرکت است ولی برای مصرف کننده نامرئی است (برای مثال تغییرات در تکنولوژی فرایند).

- فرایند NPD معمولاً به صورت یک مثلث وارونه (قیف نوآوری) به صورت زیر نشان داده می شود :



- قاعده بزرگ مخروط نشانگر تعداد زیادی ایده اولیه است که در مراحل بعد غربال شده و در نهایت تعداد کمی محصولات نهایی که وارد بازار می شوند
- ساختار قیف مانند NPD به مراحل مختلفی تقسیم می شود.

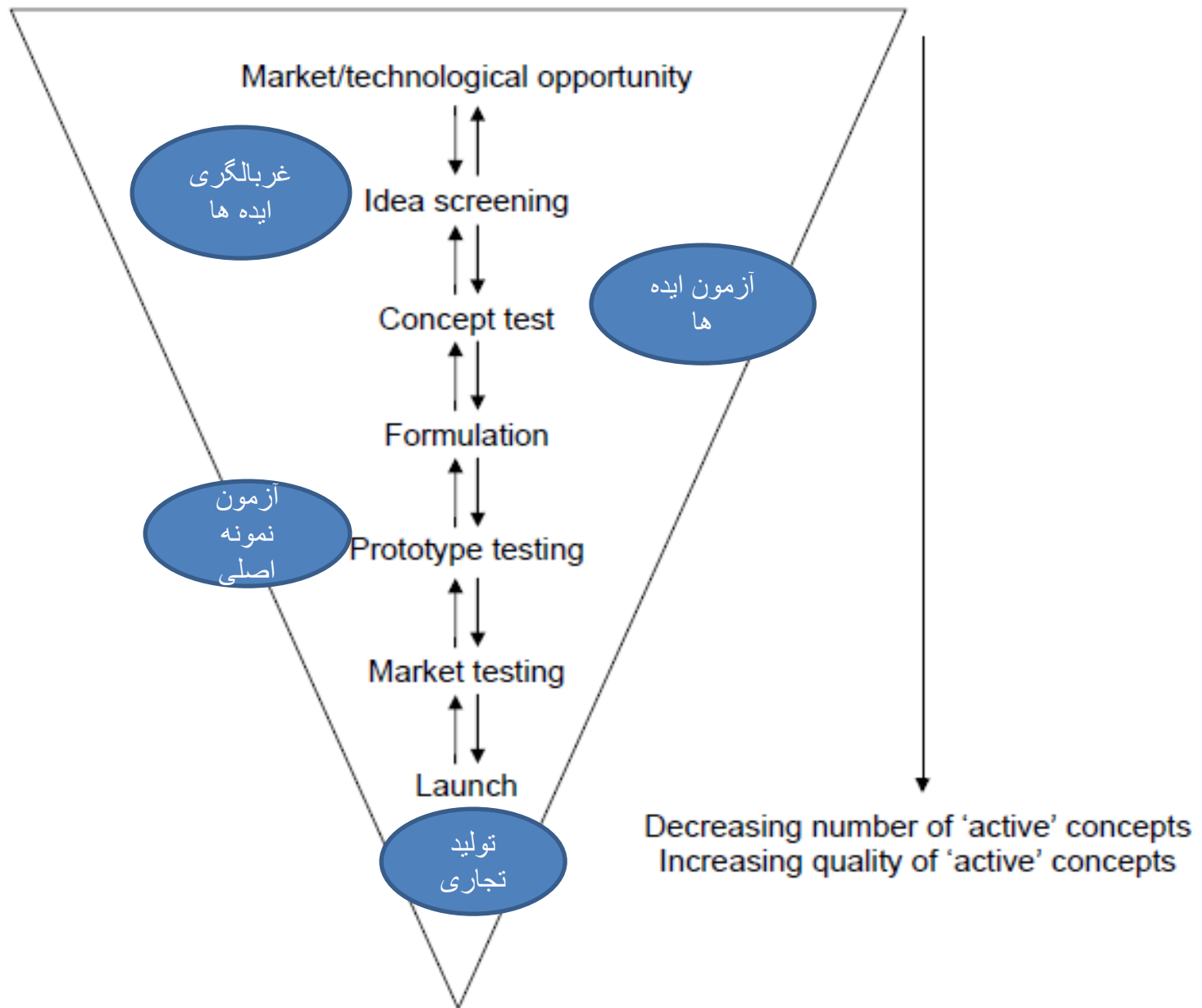


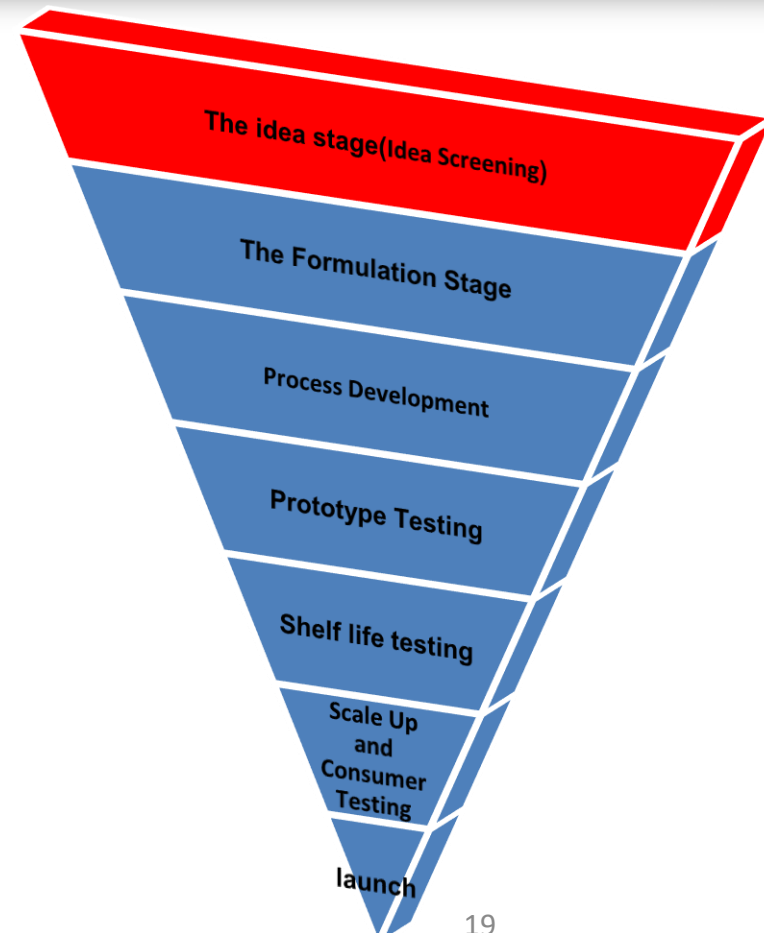
Figure 18.1 Schematic representation of the inverted pyramid concept of new product development, also known as the innovation funnel.

هر مرحله توسط یک «دروازه» به مرحله بعدی متصل می‌شود که در آن آزمایش‌های دقیقی (مثلاً غربالگری) انجام می‌شود تا مشخص شود که آیا محصول به اندازه کافی پیشرفت کرده است (مثلاً واکنش مصرف‌کننده، عملکرد محصول، مدت ماندگاری ماده غذایی) تا مجوز ورود به مرحله بعدی را داشته باشد.

- محصولاتی که از دروازه‌ها عبور نکنند، ممکن است حذف و یا برای ارزیابی مجدد یا اصلاح به مراحل قبلی بازگردند.

مرحله اول : ایده پردازی

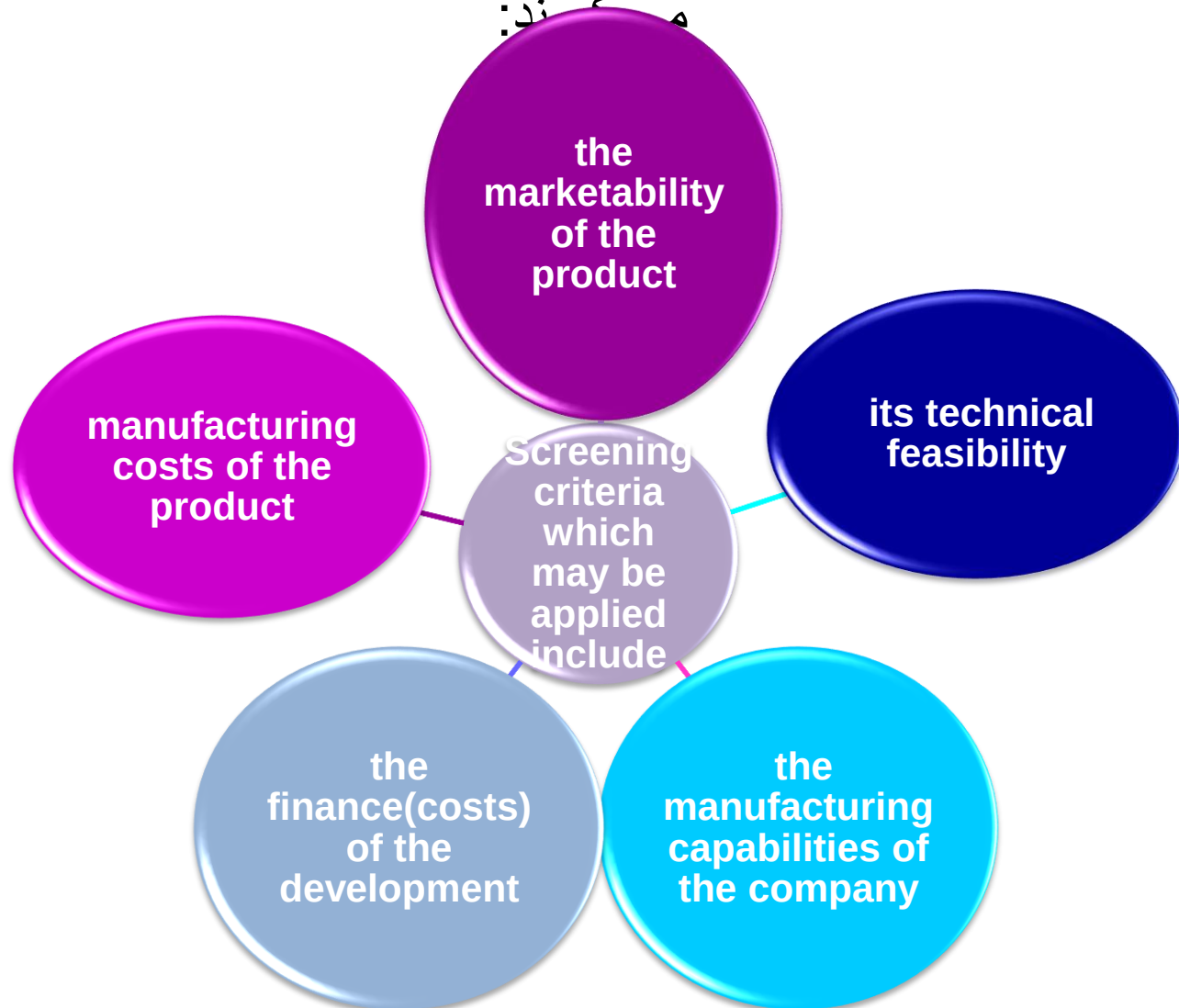
- نقطه شروع هر محصول غذایی جدید باید یک ایده باشد که می تواند
- از منابع مختلفی از جمله:
 - مصرف کنندگان،
 - بازارهای دیگر
- و منابع علمی و فناوری شرکت ناشی شود.



جهت غربالگری ایده ها (Screening) در فرآیند NPD، معیارهای زیر مد نظر

قرار

می‌دهند:



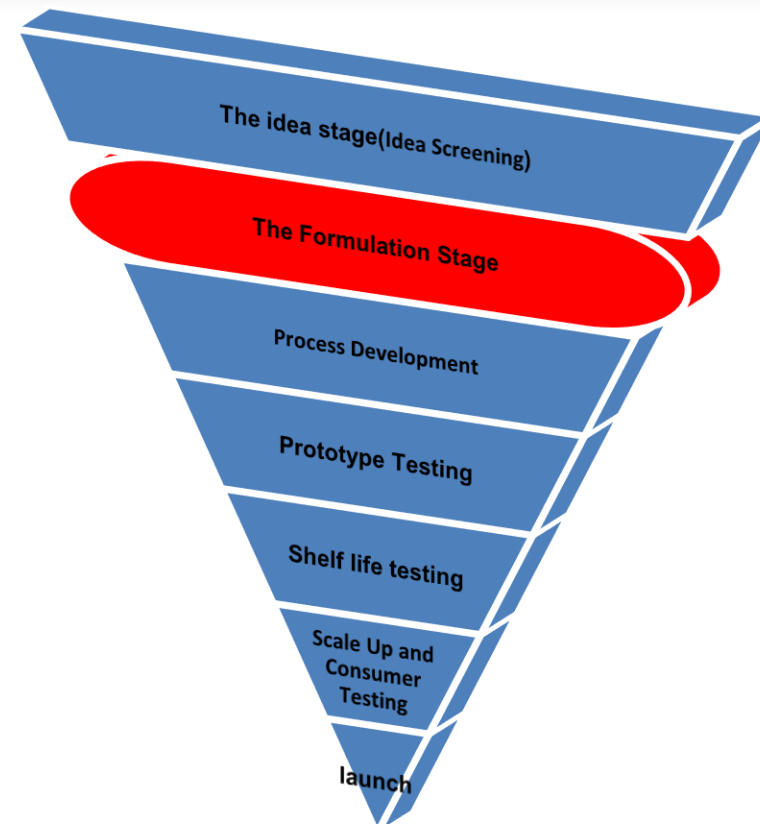
پارامترهای کیفی

ویژگی‌های محصول ممکن است در این مرحله تعریف شوند.
مانند:

- مصرف‌کنندگان هدف
- قیمت مورد انتظار محصول
- کیفیت کلیدی
- ظاهر محصول
- ویژگی‌های تغذیه‌ای.

مرحله 2 : فرمولاسیون

- مواد تشکیل دهنده یک محصول غذایی جدید ممکن است بر اساس تعدادی از معیارهای کلیدی، مانند موارد زیر انتخاب شوند:
- عملکرد محصول
- عواقب حذف
- هزینه و در دسترس بودن
- تعامل با سایر مواد تشکیل دهنده
- حساسیت به تغییر به دلیل فرآیندهای اعمال شده بر روی محصول (به عنوان مثال دناتوراسیون، تغییر رنگ و غیره)
- خواص تغذیه‌ای که ممکن است محصول را برای مصرف کنندگان جذاب تر کند (به عنوان مثال ویتامین ها).



روش‌شناسی سطح پاسخ (RSM) می‌تواند برای شناسایی ترکیبی از سطوح مواد تشکیل‌دهنده یا پارامترهای پخت (مانند زمان، دما) مورد استفاده قرار گیرد.



برای اندازه‌گیری‌های بعدی پاسخ‌های مناسب (مثلاً رنگ، حجم، مقبولیت) آزمایش شود.

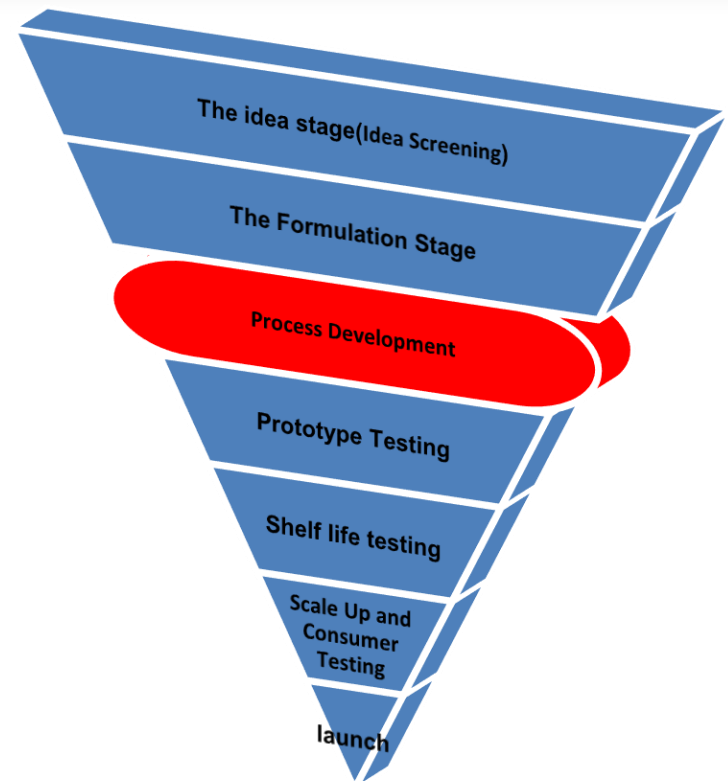


و ساخت مدل‌ها با استفاده از این داده‌ها برای شناسایی و انتخاب شرایط بهینه برای استفاده در فرآیند.

- معمولاً از تجزیه و تحلیل های آماری مانند تحلیل واریانس (ANOVA) و روش سطح پاسخ (RSM) برای تعیین اهمیت تفاوت های اندازه گیری شده در پاسخ ها (یعنی پارامترهای اندازه گیری شده) برای فرمولاسیون ها انواع محصولات مختلف غذایی استفاده می شود (مثلاً مقایسه محصول تازه توسعه یافته با محصولات رقبا برای داده های مربوط به ویژگی های حسی یا دستگاهی).

مرحله 3 : توسعه فرایند

- توسعه یک محصول جدید شامل بهینه‌سازی فرایند تبدیل مواد اولیه و اجزای تشکیل‌دهنده انتخاب‌شده به محصول نهایی است.
- هر محصول، مجموع اجزای مورد استفاده در ساخت آن به علاوه فرایند اعمال‌شده بر روی این اجزا است.



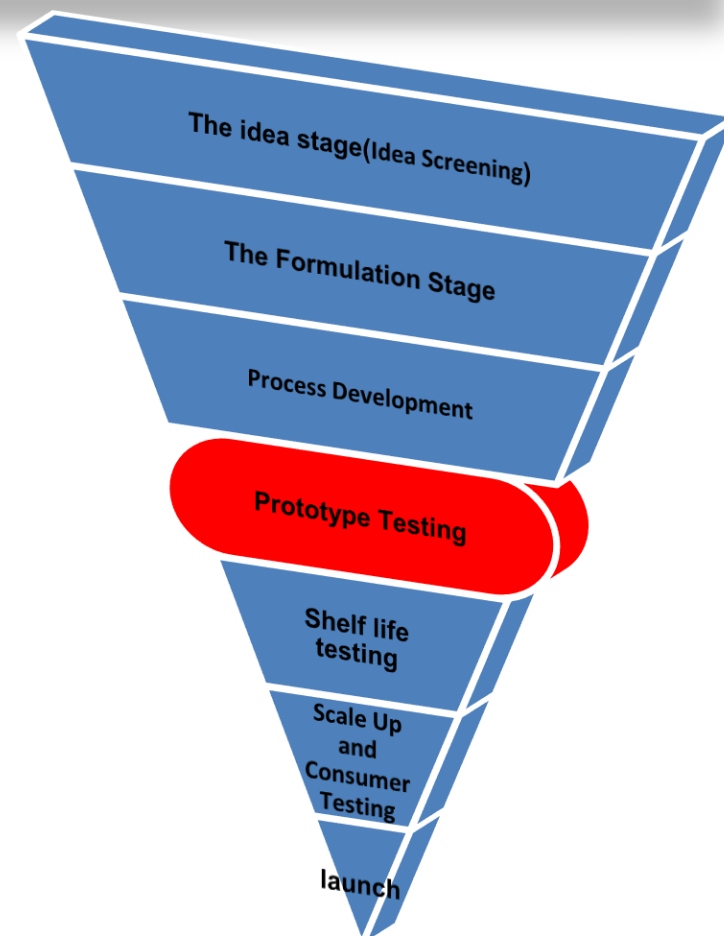
- فرآیندی که برای یک محصول توسعه داده می‌شود، ممکن است اهداف متعددی داشته باشد:

- ایمنی محصول برای مصرف (با غیرفعال کردن یا جلوگیری از خطرات میکروبیولوژیکی، شیمیایی یا فیزیکی).
- تغییر در خواص محصول برای رسیدن به شکلی قابل قبول‌تر برای مصرف‌کنندگان (مثلاً پخت، انجماد و غیره).
- افزایش ماندگاری محصول.
- افزایش امکانات توزیع برای شرکت.
- افزایش راحتی (رفاه، تسهیلات) برای مصرف‌کننده.
- حفظ خواص عملکردی یا تغذیه‌ای یک محصول.

- چالش در توسعه محصولات جدید به تجهیزاتی که می‌توانند به خط تولید جدید منتقل شوند نیز بستگی دارد.
- بسیاری از محصولات جدید از تجهیزات مرسوم استفاده خواهند کرد؛ با این حال، پارامترهای عملیاتی ممکن است به طور خودکار از تولید سنتی محصول قابل انتقال نباشند.
- برای مثال، در توسعه محصولات جدید بدون گلوتن، ممکن است نیاز باشد شرایط پخت برای خمیرهای بدون گلوتن بهینه شود، زیرا ترکیبات تشکیل‌دهنده آنها به شیوه‌ای متفاوت از مواد موجود در محصولات حاوی گلوتن واکنش نشان می‌دهند و با هم تعامل دارند.

مرحله 4 : آزمون اولیه و ارزیابی زیست پذیری

- نمونه‌های اولیه برای توسعه بیشتر و تجزیه و تحلیل و آزمایش دقیق‌تر به کار گرفته می‌شوند.
- یک سوال جالب در مورد غذاهای جدید، استفاده از محصولات مرسوم برای مقایسه است.
- در سال‌های اخیر، تلاش‌های تحقیقاتی زیادی بر استفاده از روش‌های دستگاہی برای تکمیل یا جایگزینی ارزیابی حسی با استفاده از پانلیست‌های انسانی متمرکز شده است.



در ادامه چند مثال از این روش ها ارائه شده است :



اندازه‌گیری رنگ با استفاده از سیستم‌هایی که داده‌ها را در مقیاس‌های Hunter LAB یا روش‌های پردازش تصویر ارائه می‌دهند.



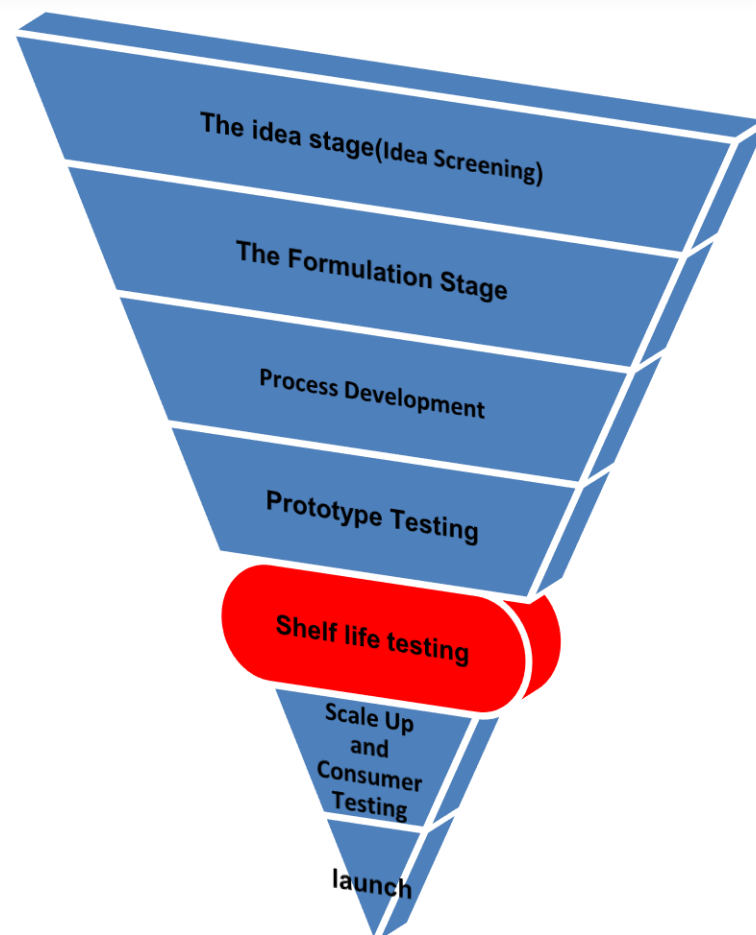
اندازه‌گیری طیف وسیعی از پارامترهای بافتی (مانند ویسکوزیته، فنریت، سختی، قابلیت شکست) با استفاده از سیستم‌های دستگاهی مانند رئومتر یا تحلیل پروفایل بافت (TPA)

- در زمینه محصولات نانوایی، ابزارهای میکروسکوپی (نور، لیزر و/یا الکترون) به طور فزاینده‌ای برای تجزیه و تحلیل ساختار نان و داده‌های کمی به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار تجزیه و تحلیل تصویر مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

- ارزیابی حسی یک ویژگی بسیار مهم در رابطه با محصولات غذایی جدید است.

مرحله 5 : آزمون مدت ماندگاری (Shelf Life Testing)

- یکی از مراحل کلیدی در توسعه محصول جدید (NPD)، تعیین ماندگاری محصول و شناسایی اطلاعاتی است که باید روی بسته‌بندی محصول نمایش داده شود تا مصرف‌کننده را در مورد پذیرش یا ایمنی محصول در آینده راهنمایی کند.



کیفیت و ایمنی محصول باید هر دو در طول انبارمانی در نظر گرفته شوند.



مسئله بعدی که هنگام ارزیابی ماندگاری یک محصول غذایی باید در نظر گرفته شود، توصیف پارامترهایی است که در طول نگهداری به صورت منفی تغییر می‌کنند.

در مفهوم مدت ماندگاری، این فرض وجود دارد که محصولات غذایی در طول نگهداری کیفیت خود را از دست می‌دهند و در نهایت برای مصرف‌کنندگان غیرقابل پذیرش یا ناایمن می‌شوند.

استثنائات این تعمیم شامل آن دسته از مواد غذایی مانند نوشیدنی‌های الکلی مثل شراب است که در طول انبارمانی فرایندهای بیوشیمیایی همچون رسیدن در آن اتفاق می‌افتد.



جایی که طعم‌ها در مقیاس‌های زمانی طولانی ایجاد می‌شوند و میزان بالای الکل، محصول را از نظر میکروبیولوژیکی بسیار پایدار می‌کند.



یا پنیرهای رسیده، که در آنها فعالیت‌های بیوشیمیایی و میکروبیولوژیکی از طریق فرایندهایی مانند لیپولیز و پروتئولیز، طعم و بافت بهینه محصول را ایجاد می‌کنند.

تغییراتی که بر کیفیت محصولات غذایی تأثیر منفی می‌گذارند، ممکن است آنزیمی باشند (مثلاً پروتئولیز یا لیپولیز که منجر به تغییر در طعم یا بافت می‌شود).



یا شیمیایی باشد (مثلاً اکسیداسیون لیپیدها، تجزیه مجدد یا تبلور نشاسته- رتروگراداسیون ، مهاجرت آب)



و یا بیولوژیکی (مثلاً رشد باکتری‌ها یا قارچ‌ها) که به کیفیت غذا آسیب می‌رسانند.

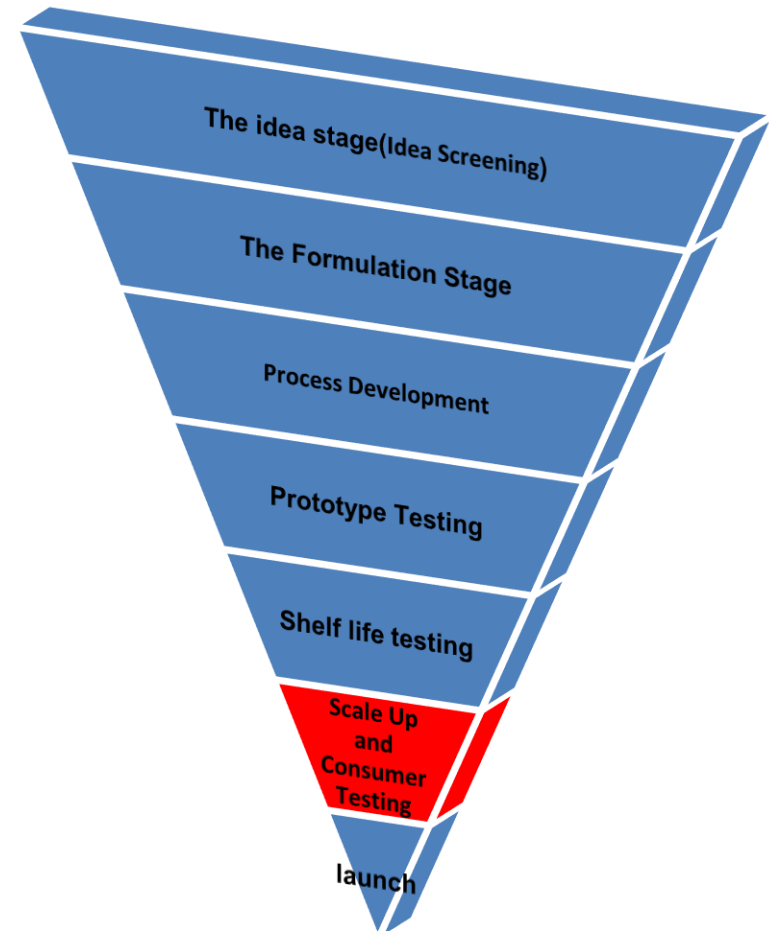
برای مثال، برای یک محصول نان بدون گلوتن، از دست دادن کیفیت در نگهداری در دمای اتاق ممکن است ناشی از رشد کپک و/ یا عوامل بیماری‌زا باشد.



یا ایجاد بیاتی به دلیل تبلور مجدد نشاسته

مرحله 6 : افزایش مقیاس و مصرف کنند

- یکی از چالش‌های کلیدی در توسعه محصول جدید (NPD)، انتقال نمونه‌های اولیه محصول به مقیاس‌های تولید بالاتر با پیشرفت فرآیند توسعه محصول جدید (NPD) است.
- به طور کلی، مراحل اولیه توسعه محصول جدید، که در آن گزینه‌های زیادی برای فرمولاسیون و فرآیند ممکن است آزمایش شوند، در مقیاس کوچک، در آشپزخانه یا آزمایشگاه انجام می‌شوند.
- فقط نمونه‌های اولیه موفق برای تولید در مقیاس پایلوت و در نهایت تولید در مقیاس تجاری پذیرفته می‌شوند.

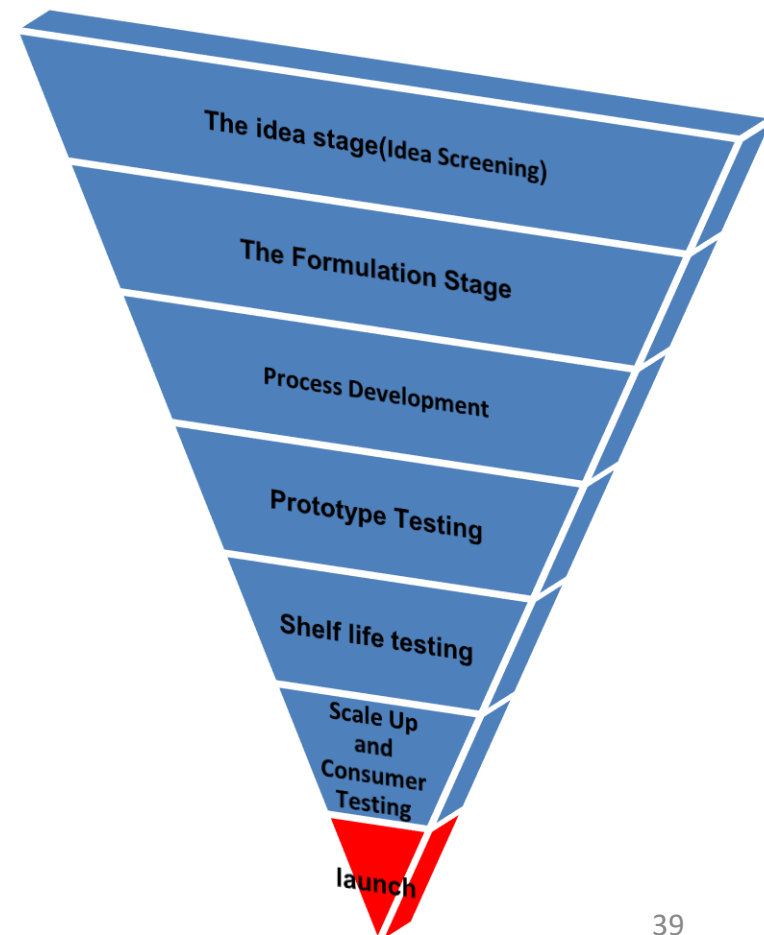


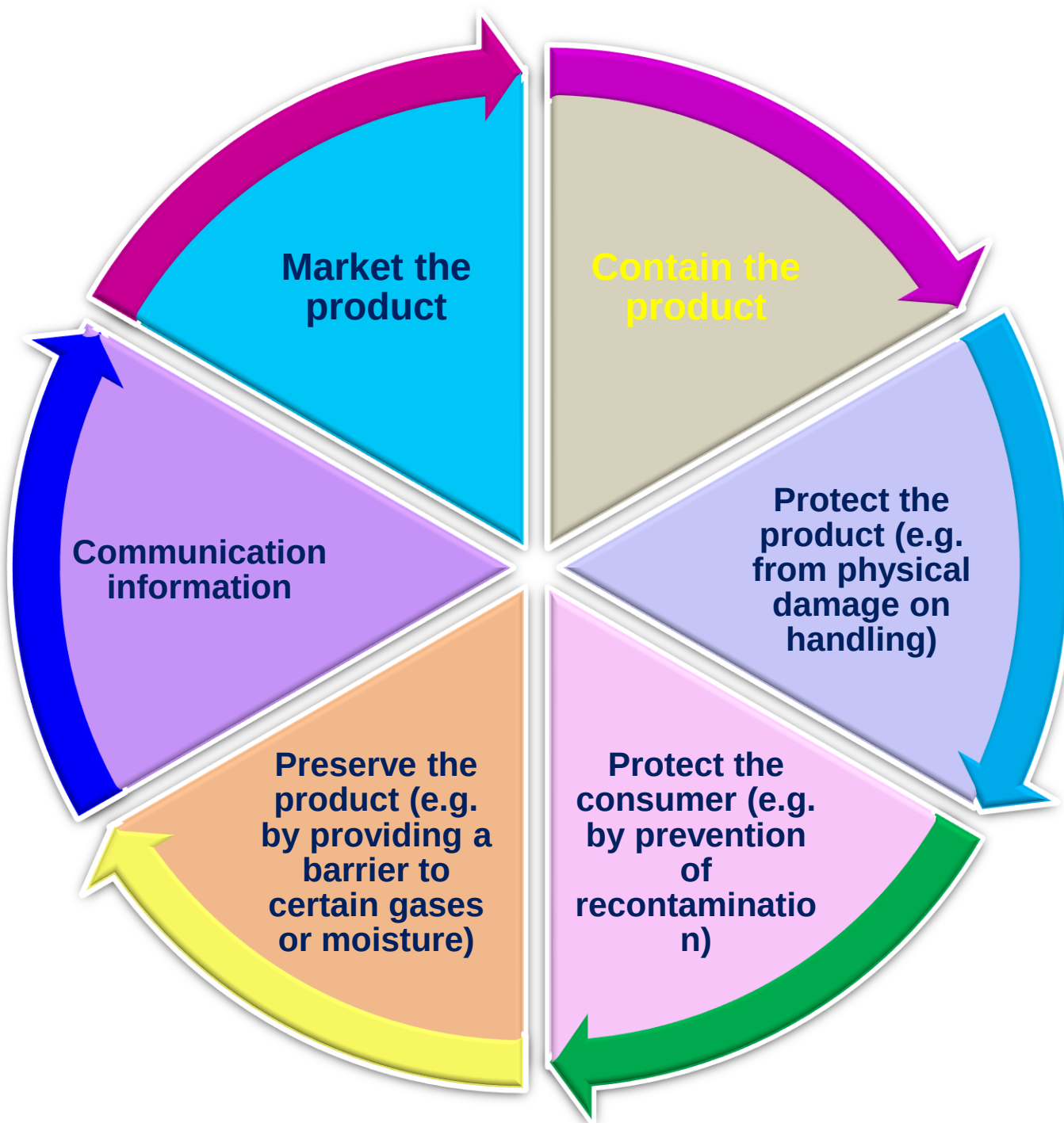
- مراحل بعدی توسعه محصول جدید (NPD) باید مصرف‌کنندگان را در آزمایش و ارزیابی محصولات اولیه مشارکت دهد و مقیاس چنین آزمایش‌هایی بر مقیاس تولید نمونه‌های اولیه تأثیر خواهد گذاشت.

مرحله 7 : بسته بندی و برچسب زنی

- توسعه هر محصول غذایی جدید در نهایت مستلزم در نظر گرفتن طراحی بسته بندی مناسب و مواد اولیه برای توزیع و فروش محصول است.

- وظایف هر بسته بندی غذایی به شرح تصویر اسلاید بعدی است .





بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده (MAP) یک تکنیک رایج برای افزایش مدت ماندگاری نان است.



دی اکسید کربن رشد مخمرها و باکتری‌ها را سرکوب می‌کند و در برابر کپک‌ها اثر قارچ‌کشی دارد.



بنابراین دی اکسید کربن گاز اصلی مورد استفاده برای بسته‌بندی محصولات نانوایی است، گاهی اوقات از نیتروژن به عنوان گاز پشتیبان برای کاهش انتشار گاز از بسته‌بندی استفاده می‌شود.

طراحی مقدماتی فرمولاسیون

- بسیاری از محصولات غذایی با ترکیب مواد اولیه با نسبت‌های مشخص در یک فرمولاسیون ساخته می‌شوند و تحقیق در مورد تأثیر فرمولاسیون‌های مختلف بر کیفیت محصول در طراحی محصول رایج است.

5 مرحله اساسی در فرمولاسیون

- کیفیت مورد نیاز محصول را تعیین کنید،
- داده‌هایی برای ترکیبات، کیفیت و هزینه مواد اولیه پیدا کنید،
- محدودیت‌های مواد اولیه و متغیرهای فرآوری را تعیین کنید،
- از تکنیک‌های کمی استفاده کنید: برنامه‌ریزی خطی، طرح‌های آزمایشی، طرح‌های ترکیبی (بسته‌های نرم‌افزاری کامپیوتری مفید زیادی برای استفاده از این تکنیک‌های آماری وجود دارد)
- از آزمون‌های مشخصات محصول و آزمون‌های فنی برای مرتبط کردن کیفیت محصول با تغییرات در فرمولاسیون استفاده کنید.

پارامترهای کیفی محصول

• شناسایی و تعریف هدف

خصوصیات کیفی مربوط به محصول به عنوان اصلی ترین هدف در طراحی فرمولاسیون می باشد. خصوصیات کیفی شامل مجموعه ای از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، رئولوژیکی، میکروبیولوژیکی، تغذیه ای و حسی هستند که به روش های آزمایشگاهی یا از طریق آزمونهای ارگانولپتیکی قابل محاسبه و اندازه گیری هستند که در واقع متغیرهای وابسته فرمولاسیون را تشکیل می دهند.

پارامترهای کیفی محصول

- تعریف نامناسب شاخص های کیفی محصول می تواند منجر به عدم دستیابی به فرمولاسیون بهینه شود.
- ویژگی های حسی فرآورده نهایی سخت ترین بخش شاخص های کیفی محصول محسوب می شوند چرا که هر مصرف کننده ای دارای یک سلیقه شخصی خاص می باشد.

طراحی فرآورده غذایی



فرمولاسیون	خصوصیات کیفی مرتبط
معیارهای حسی	رنگ - بافت - مزه و طعم - اندازه و ظاهر
ارزشهای تغذیه ای	کالری - پروتئین - کیفیت تغذیه ای پروتئین - چربی - کیفیت تغذیه ای چربی - کربوهیدرات - فیبر (محلول و نامحلول) - رطوبت - قابلیت هضم - عوامل ضد تغذیه ای - ویتامین ها - عناصر معدنی - عوامل زیست فعال.
ویژگیهای فیزیکی یا رئولوژیکی	بافت ، ویسکوزیته و قوام
ویژگیهای کاربردی	حجم ویژه - اندیس جذب آب - اندیس مواد محلول در آب
ویژگیهای انبارمانی	زمان ماندگاری
هزینه تولید	هزینه تولید و اجزاء مورد استفاده در فرمولاسیون

انتخاب اجزای سازنده فرمولاسیون

- خصوصیات محصولات غذایی به نوع و نسبت اجزاء فرمولاسیون بستگی دارد.
- مواد اولیه خامی که بطور معنی دار بر کیفیت مطلوب محصول اثر می گذارند تحت عنوان نوع و میزان اجزاء تشکیل دهنده فرمولاسیون (Ingredients) به عنوان متغیرهای مستقل محسوب می شوند.
- در این مرحله بایستی هزینه ها و در دسترس بودن مواد اولیه خام مد نظر قرار گیرند.

انتخاب اجزای سازنده فرمولاسیون

- جهت سهولت ارزیابی شاخص های کیفی در محصول نهایی، باید حتی الامکان سعی شود تا تعداد مواد اولیه خام یا اجزای متشکله فرمول کاهش یابد.
- چنانچه در فرمول اجزای متعددی وجود دارد، باید برخی از آن ها را که نسبتا بی اهمیت هستند در طول انجام تحقیق ثابت نگه داشت.
- معمولا جهت انتخاب فرمول بهینه، فرمولی با کمتر از پنج جزء مناسب و معقول می باشد.

- توصیف هندسی فرمولاسیون

- اگر یک مخلوط شامل n ترکیب باشد که نسبت آن ها در مخلوط با x نشان داده شود، خواهیم داشت:

- $X_1 + X_2 + \dots + X_n = 1$

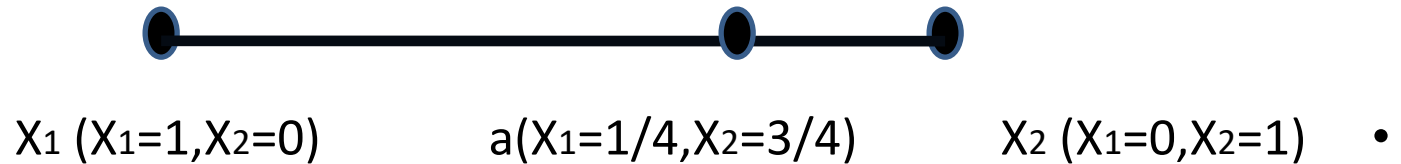
- $\sum X_i = 1$

- نسبت هر ترکیب در این مخلوط برابر یک، منهای مجموع نسبت سایر ترکیبات است.

- $X_1 + X_2 + X_3 = 1$

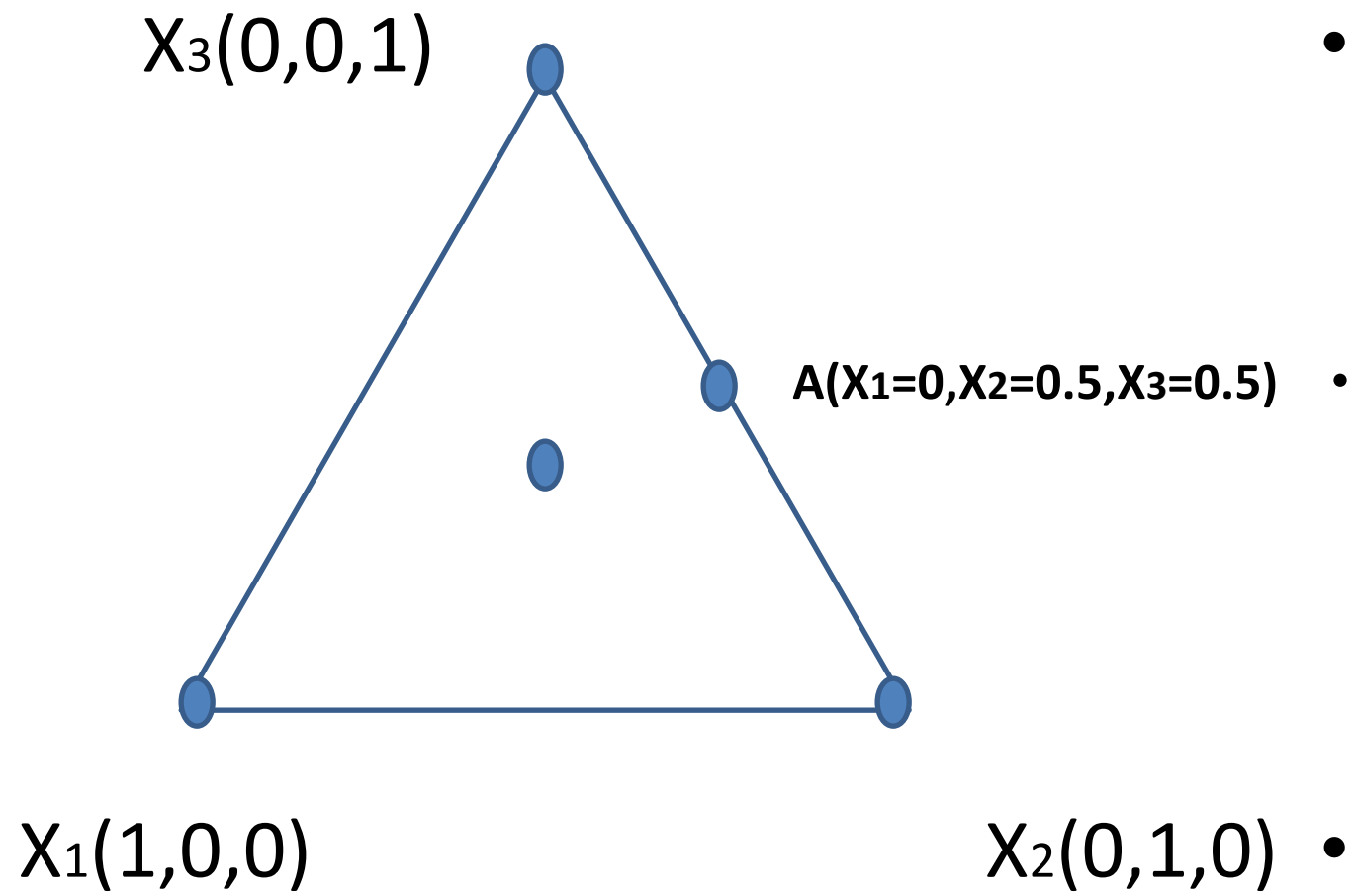
- $X_1 = 1 - (X_2 + X_3)$

- در مخلوط های دو جزئی، توصیف هندسی سیستم به صورت یک خط راست است و هر مخلوطی از این دو ترکیب بوسیله نقطه ای روی خط مشخص می شود.

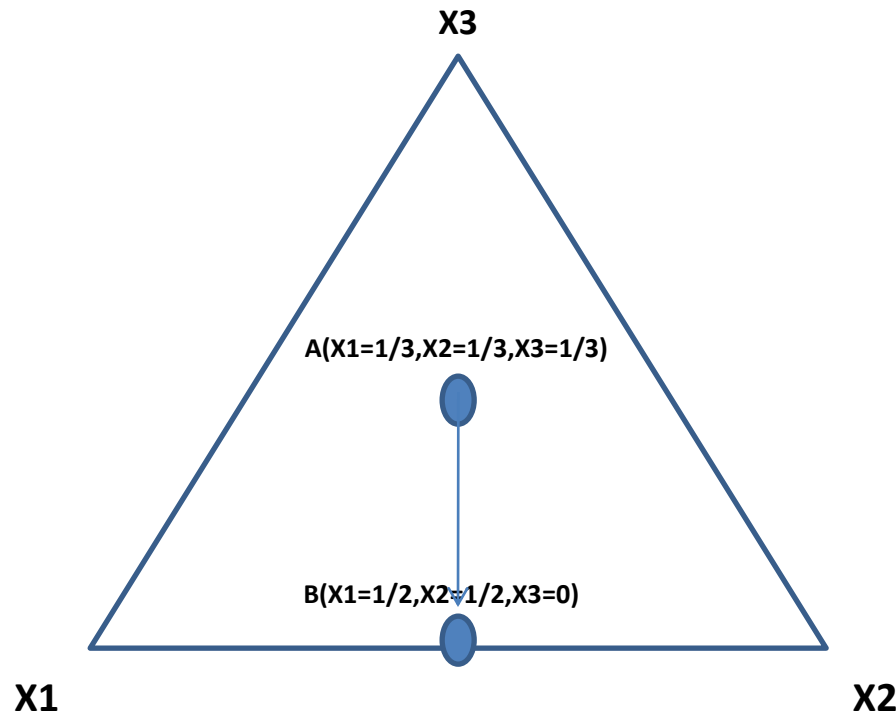


- در یک مخلوط سه جزئی، توصیف هندسی سیستم به صورت یک مثلث متساوی الاضلاع است. هر نقطه در سه راس مثلث نشاندهنده 100 درصد یکی از سه ترکیب است. هر نقطه بر روی اضلاع مثلث، فقط مخلوط دو ترکیب هستند که نسبت ترکیب مقابل این خط برابر صفر است.
- هر نقطه درون مثلث، مخلوطی از سه جزء را نشان می دهد که مختصات آن به صورت (X_1, X_2, X_3) نشان داده می شود.
- نقطه مرکزی مثلث نشان دهنده غلظتهای برابر از هر سه جزء است $(X_1=1/3, X_2=1/3, X_3=1/3)$.

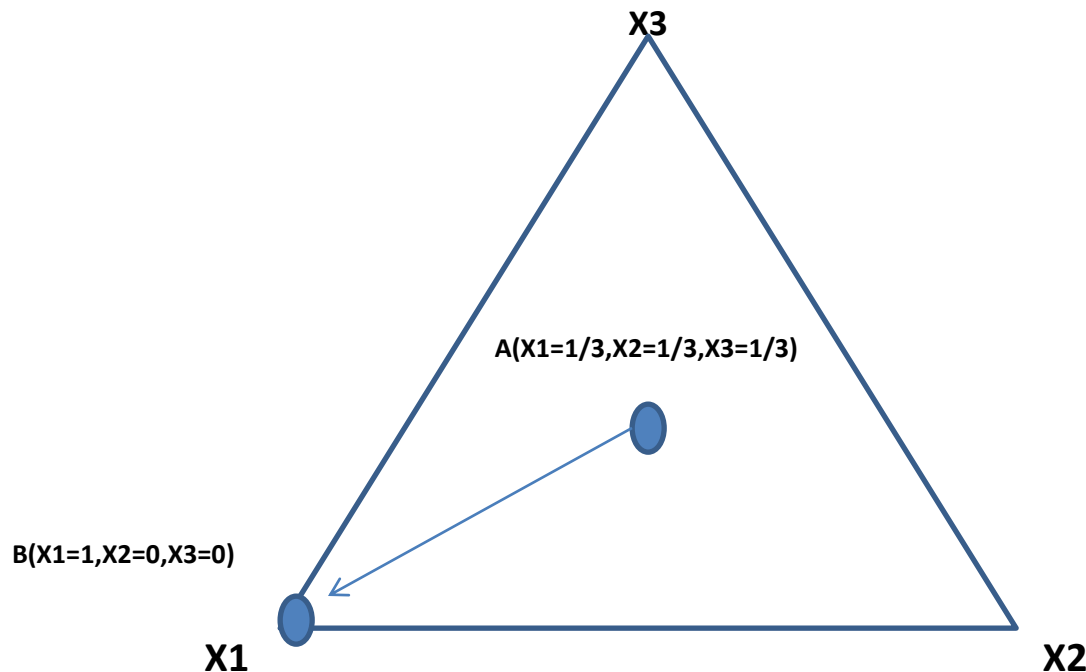
- نقاط داخلی بین مرکز ثقل و هر رأس، نشان دهنده مخلوط‌های بررسی محوری هستند.
- این مخلوط‌های سه جزئی شامل دو سوم هر جزء مربوطه و یک ششم هر یک از دو جزء دیگر هستند.
- نسبت‌های جداگانه از صفر تا یک از پایه تا رأس در هر یک از سه محور متغیر است.

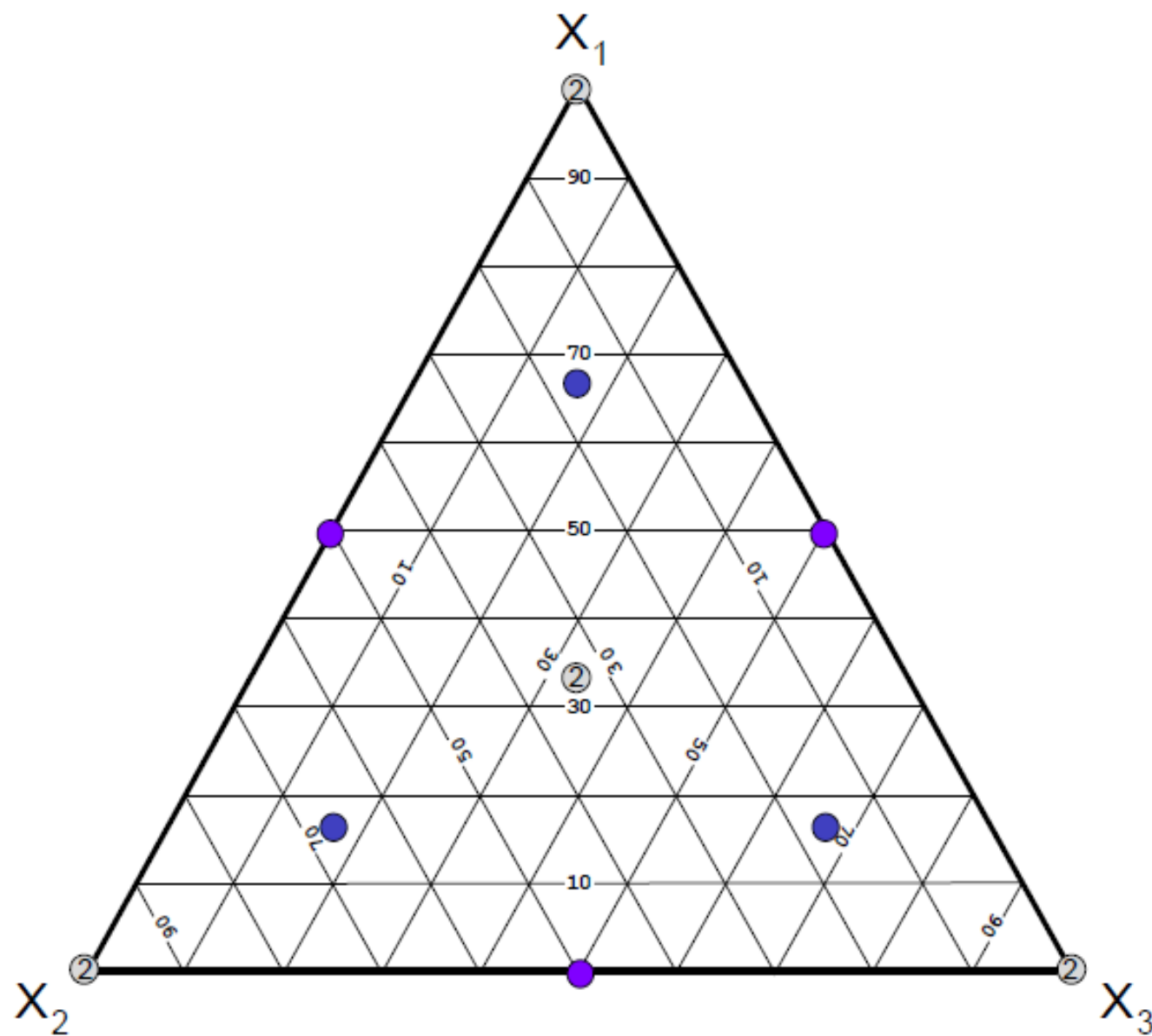


- با حرکت از نقطه مرکزی مثلث به سمت هر یک از اضلاع؛ از نقاطی عبور می کنیم که در آنها به مقدار دو جزء طرفین ضلع مربوطه افزوده شده و از مقدار جزء سوم کم می شود.



- با حرکت از نقطه مرکزی مثلث به سمت هر یک از زاویه ها؛ از نقاطی عبور می کنیم که در آنها به مقدار جزء مربوطه افزوده شده و از مقدار دو جزء دیگر کم می شود.





Augmented simplex lattice (second degree)

ارزیابی کیفی فرمولاسیون

روش اندازه گیری	خصوصیات کیفی
ارزیابی حسی	معیارهای حسی
روشهای شیمیایی یا محاسبه ای روشهای شیمیایی یا فیزیکی روشهای آنزیمی یا Animal feeding روشهای شیمیایی	ارزش تغذیه ای: انرژی، پروتئین، چربی، کربوهیدرات، کیفیت تغذیه ای پروتئین و چربی - مقدار رطوبت - عناصر معدنی - قابلیت هضم - عوامل ضد تغذیه ای - ویتامین ها- عناصر معدنی- فیبر محلول
ویسکومتری، رئومتری و بافت سنجی	ویژگیهای رئولوژیکی و بافتی
روشهای فیزیکی	ویژگیهای کاربردی (حجم ویژه ،اندیس جذب آب، اندیس مواد محلول در آب)
آزمونهای میکروبی، شیمیایی و حسی	زمان ماندگاری
Normal calculation , Linear programming	هزینه تولید

بر آورد اقتصادی فرمولاسیون های غذایی

- اگر محصول جدید باشد پذیرش (Acceptability) و قیمت آن مطرح است.
- اگر محصول جدید نباشد قدرت رقابت آن (Competition) نیز مطرح می شود.
- قیمت فروش بستگی به بازار عرضه و تقاضا دارد و سرمایه گذار می تواند با احتساب هزینه های تمام شده و سود سرمایه گذاری، حداقل قیمت فروش را محاسبه کند. اگر مبلغ بدست آمده برابر یا کمتر از قیمت فروش در بازار باشد سرمایه گذاری انجام می شود و در غیر این صورت سرمایه گذاری انجام نمی شود.

تقسیم بندی مواد اولیه (خام)

- مواد اولیه پایه محصول
- مواد اولیه «برتر» یا زیبایی شناختی.
- این بدان معنا نیست که مواد اولیه پایه به محصول ویژگی های زیبایی شناختی نمی بخشند - در واقع در طراحی غذای مدرن این به عنوان یک عامل اساسی شناخته می شود.
- اما گاهی اوقات نیاز به افزودن رنگ ها و طعم دهنده ها برای بهبود جلوه زیبایی شناختی مواد غذایی وجود دارد.

پایگاه داده های مواد اولیه

- در مطالعات فرمولاسیون مواد غذایی، پیشرفت مهم در ده سال گذشته استفاده از کامپیوتر بوده است.
- ابتدا، پایگاه داده مواد اولیه در کامپیوتر توسط مهندس صنایع غذایی مربوطه وارد می شود؛ این پایگاه داده شامل جزئیات ترکیبات شیمیایی و تغذیه ای مواد اولیه مختلف خواهد بود، اما به سایر خواص مانند کیفیت میکروبیولوژیکی، کیفیت حسی و اثرات مواد اولیه در فرآوری، گسترش می یابد.

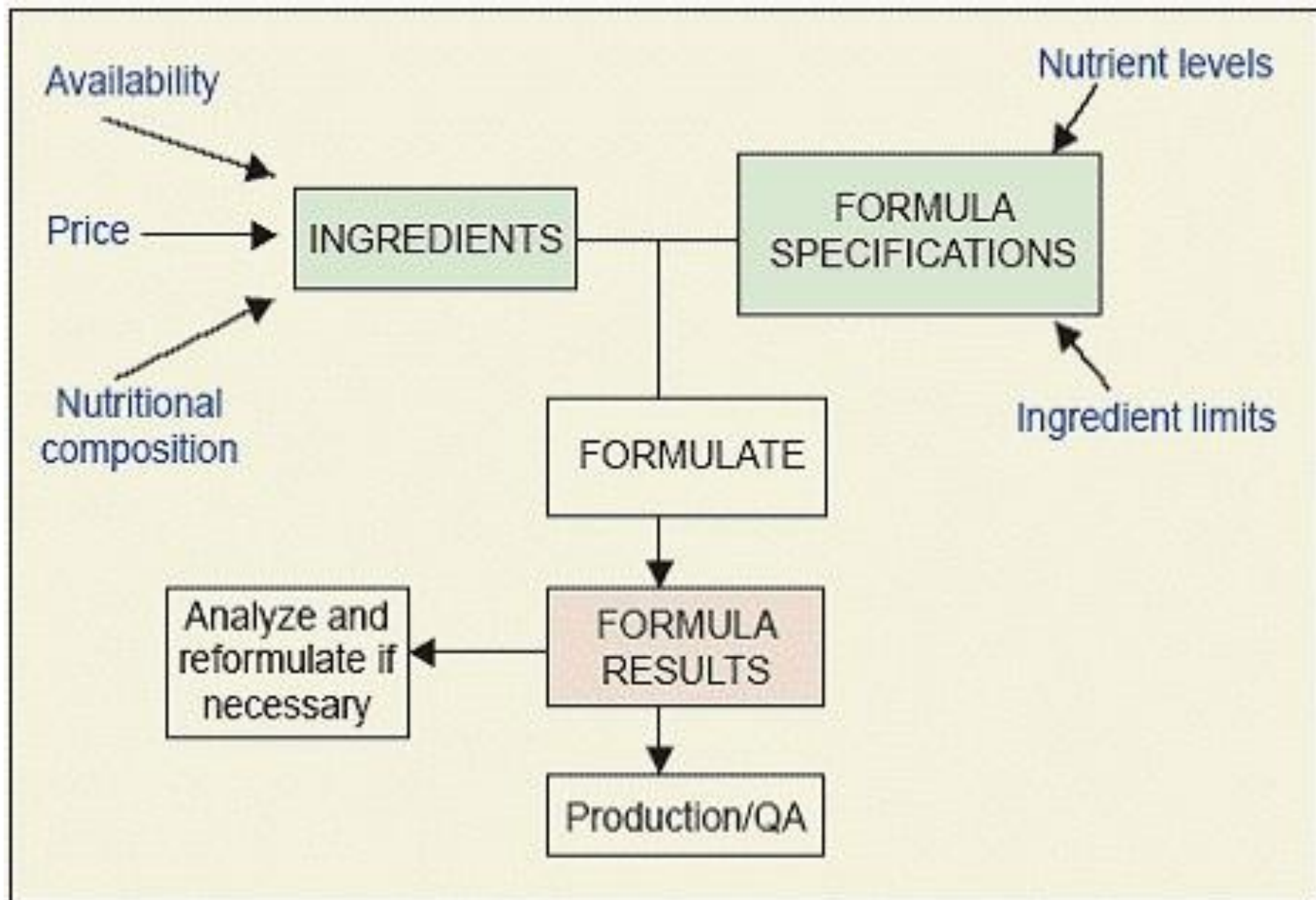
پایگاه داده های مواد اولیه

- برای شرکتهایی با طیف محدودی از محصولات، این پایگاه داده مواد اولیه میتواند در تمام پروژههای توسعه محصول به عنوان نقطه شروعی برای فرمولاسیون مورد استفاده قرار گیرد؛
- در سایر شرکتها با ترکیب محصولات گسترده، ممکن است به دو یا سه پایگاه داده نیاز باشد.
- این پایگاه داده تنها در صورتی مفید است که بهروز نگه داشته شود و همچنین با سیاست خرید شرکت مرتبط باشد.

- از این پایگاه داده می‌توان برای ساخت و تحلیل فرمولاسیون‌های مختلف استفاده کرد تا مشخص شود که چگونه با معیارهای کیفیت محصول، هزینه‌ها و فرآیند مطابقت دارند. این کار را می‌توان به سادگی با استفاده از صفحات گسترده رایانه انجام داد.

- همچنین سیستم‌های خبره‌ای وجود دارند که یک چارچوب پشتیبانی تصمیم‌گیری متشکل از دو بخش ارائه می‌دهند: یک بخش وظیفه‌ای شامل مراحل حل مسئله متمایز در ایجاد یک فرمولاسیون و یک بخش فیزیکی با دانش خاص در مورد خواص مواد اولیه و فرآیندهای مربوطه.

- با کسب اطلاعات بیشتر از تجزیه و تحلیل های آماری در قالب آزمایش های فاکتوریل، روابط ریاضی بین مواد اولیه موجود در فرمولاسیون و کیفیت محصول توسعه داده می شود و می توان از این روابط در تکنیک هایی مانند برنامه ریزی خطی استفاده کرد.



تحلیل برنامه‌ریزی خطی

- تحلیل برنامه‌ریزی خطی یک رویکرد تحقیق عملیاتی است که برای مدل‌سازی مسائل پیچیده چند عاملی، از جمله مسائل مربوط به رژیم غذایی، استفاده می‌شود. فرمولاسیون محصول می‌تواند با استفاده از یک رویکرد مدل‌سازی مبتنی بر کامپیوتر، به طور مؤثرتری انجام شود تا خطاها و سوگیری‌هایی که ممکن است هنگام استفاده از یک فرآیند مشاوره به تنهایی رخ دهد، کاهش یابد. بنابراین، برای هر توسعه محصول غذایی، عوامل زیادی بر ترجیح و پذیرش آن تأثیر می‌گذارند. برخی از عوامل ذاتی محصول هستند، مانند عوامل فیزیکی، بافتی، حسی و سایر عوامل، بیرونی هستند، مانند عوامل اجتماعی و فرهنگی. مطالعات بازاریابی در مورد عوامل تعیین‌کننده مصرف مواد غذایی به طور مداوم نشان داده‌اند که انتخاب‌های مصرف‌کننده تا حد زیادی توسط ذائقه تعیین می‌شود.

- در برنامه ریزی خطی می توان مسائل مختلف از قبیل ترکیب تولید، سرمایه گذاری، بازار یابی، حمل و نقل، فرمولاسیون محصول و... را مدل سازی کرده و با استفاده از نرم افزارهای مربوطه به حل آن ها بپردازیم .
در برنامه ریزی خطی بایستی ابتدا پارامترهای زیر مشخص شوند:

- **1- تابع هدف (Objective Function)**

- سیاست و هدف از طرح مسئله است که در اغلب مسائل این تابع به صورت ماکزیمم (حداکثر سود ، بازدهی و ...) و در برخی موارد مینیمم (مانند حداقل هزینه) در نظر گرفته می شود.

- **2- متغیر های تصمیم (Decision Variable)**

- متغیر هایی هستند که تاثیر مستقیم بر تابع هدف دارند و محدودیتها بر اساس آنها لحاظ می گردند. انتخاب متغیرهای تصمیم برای حل مدل برنامه ریزی خطی بسیار حائز اهمیت می باشد . متغیر های تصمیم غالبا به صورت غیر منفی در نظر گرفته می شوند.

• 3- محدودیت ها (Constraints)

- شامل محدودیتها و سیاست های مختلفی است که جهت تحقق تابع هدف با استفاده از متغیر های تصمیم در نظر گرفته می شود .
- بعد از آن که مسئله مورد نظر را با رعایت فرم عمومی مدل برنامه ریزی خطی فرموله کردیم ، حاصل را در نرم افزارهای مربوطه (Lingo, MATLAB و...) وارد کرده و جواب های بهینه را استخراج می کنیم .

• جواب مدل

- کلیه مقادیری که متغیرهای تصمیم اختیار می کنند به تنهایی یک جواب محسوب می شوند . جواب موجه، جوابی است که در تمام محدودیت ها صدق می کند. جواب بهینه، جوابی است که به ازای آن مقدار تابع هدف مطلوب ترین و بهینه ترین وضعیت خود را داراست (برای تابع هدف ماکزیمم ، جواب هایی که تابع را حد اکثر و برای تابع هدف مینیمم، جواب هایی که تابع را حداقل کنند).

- جواب های بهینه، اصلی ترین هدف تشکیل مدل برنامه ریزی خطی است. جواب های بهینه مدل برنامه ریزی خطی، ممکن است انواع مختلفی داشته باشند.
- الف - جواب بهینه چند گانه داشته باشد:
- ممکن است بیش از یک جواب موجه مقدار تابع هدف را مطلوب ترین نماید که در این صورت همه ی آنها جواب بهینه خواهند بود.
- ب- فاقد جواب بهینه باشد
- در این حالت مدل جواب بهینه ندارد و این در واقعیت امکان پذیر نیست، در چنین صورتی باید مجددا مسئله را فرموله و حل نماییم.
- ج- ناحیه جواب ، بی کران باشد:
- چنانچه با این حالت مواجه شویم باید بر مشاهده و تعریف مدل بازنگری کنیم که قطعا اشتباهی رخ داده و باید رفع شود .

A case formulation study

Quality evaluation of millet-soy blended extrudates formulated through linear programming

- the present study has been planned to optimize the process parameters to develop protein rich low cost extruded snack food using linear programming.

- **Preparation of composite flour**
- The raw materials viz., pearl millet (*Pennisetum typhoides*), finger millet (*Eleusine coracana*), and soybean (*Glycine max*) were procured from local market and were cleaned to remove all foreign matter, broken and immature grains, if any. Soybean was decorticated using multi grain pearler. All the grains were ground in burr mill separately to get fine flour (0.589 mm) sieve. Then composite flour was obtained in desired proportion by mixing in flour mixer. Flour samples were then extruded through twin screw extruder.

- **Linear programming formulation**
- Nutrisurvey computer software (2004), employing linear programming model, was used to formulate low cost composite flour mixture based on pearl millet, finger millet and soybean to fulfill Recommended Dietary Allowance (RDA) the protein, energy and calcium requirement profile (ICMR [1989](#)). Formulation was designed with varying quantities of the ingredients as shown in Table [1](#). Three types of restrictions were set upon the variables: 1) minimum and maximum quantities of ingredients to be included; 2) protein, calcium and energy supply of each ingredient; and 3) material balance.

NutriSurvey for Windows

File Edit Calculations Food Extras Help

Display options

TA A% FA MA NC

	Food	Amount	kcal	price	protein	fat	
1	breast milk	550	357,6	0,0	5,5	2	
2	rice. plain. boiled	200	260,0	0,0	4,8		
3	lentil	50	58,1	0,0	4,5		
4	milk. cow	500	329,8	0,0	16,0	1	
5	fish	50	42,1	0,0	7,4		
6	egg	50	77,6	0,0	6,3		
7	pumpkin. india	50	10,0	0,0	0,3		
8	soybean oil	20	176,9	0,0	0,0	2	
9	banana	50	30,0	0,0	0,3		
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

Total analysis:

energy 1342,0 kcal
price 0,0
protein (13%) 45,1 g
fat (44%) 68,3 g
carbohydr. (42%) 141,2 g
dietary fiber 6,1 g
phytic acid 431,0 mg
calcium 779,5 mg
Ca absorb. 249,5 mg
magnesium 148,5 mg
zinc 5,0 mg
%_abs_Zn 2,4 mg
iron 3,5 mg
iron absorb. 0,2 mg
Vit. B1 0,6 mg
Vit. B2 1,5 mg
Niacin equiv. 13,9 mg
Vit. B6 0,9 mg
pantoth. acid 5,1 mg
folic acid eq. 213,0 µg
Vit. B12 4,3 µg
Vit. C 34,0 mg
Ret. equiv. 703,5 ug
Grains_roots 200,0 g
Legumes_nuts 50,0 g
Dairy_products 500,0 g
Flesh_food 50,0 g
Eggs 50,0 g
Vit_A_frui_veg 0,0 g
Oth_fruits_veg 100,0 g
Fats_oils 20,0 g

Start

Lin... NC... Nu... 04... DE

12:11

Table 1

List of variables, ingredients, and cost for LPP food formulation

Variable	Ingredient	Cost ^a (Rs/kg)	Protein (%)	Energy (Kcal)	Calcium (mg)
X ₁	Pearl millet	07.00	11.6	361	42
X ₂	Finger millet	08.00	7.3	328	344
X ₃	Decorticated soybean	20.00	43.2	432	240

^aPrices as of December 2009

- The objective function established was:

$$\text{Min } Z = C_i X_i$$

- where, Z is the cost per kilogram of formulation; C_i is the cost of ingredient; and X_i is the proportion in which ingredient are used in the formulation. Based on the data given in Table [1](#), food formulation was developed by using linear programming software (Arsham [2003](#)). Following assumptions were made (i) Serving size: 150 g, (ii) LPP was performed for 100 g sample and (iii) 1/3 of RDA for sedentary workers was taken.
- The low cost composite flour (Rs 12/kg) obtained using linear programming is pearl millet (81.68%), finger millet (7.02%) and decorticated soybean (11.29%) (Table [2](#)).

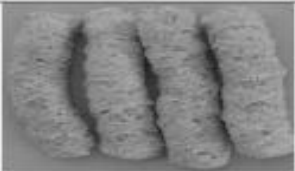
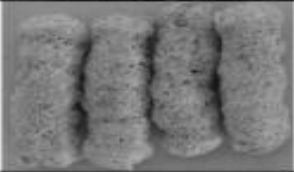
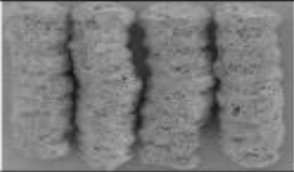
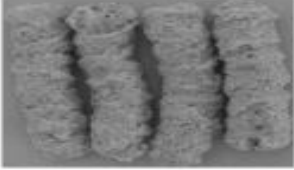
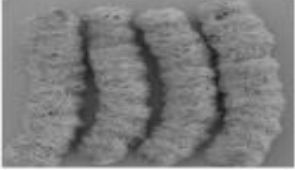
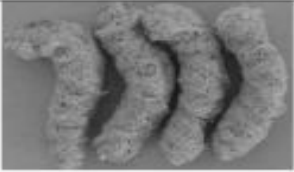
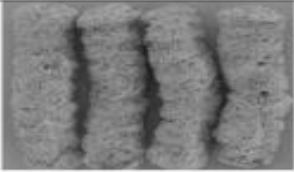
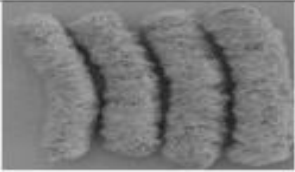
Table 2

Formulation through linear programming

Objective function $\text{MIN } Z : 0.7 X_1 + 2X_2 + 0.8X_3$		
Constraints	Equation	Test results
Protein (g/d)	$11.6X_1 + 43.2X_2 + 7.3X_3 = 20 = 20$	True (20 = 20)
Calorific value (kcal/d)	$361 X_1 + 432X_2 + 328X_3 \geq 800$	True (843 $\geq$ 800)
Calcium (mg/d)	$42 X_1 + 240 X_2 + 344 X_3 = 135$	True (135 = 135)
Ingredient (serving size)	$1 X_1 + 1X_2 + 1 X_3 = 1.5$	True (1.5 = 1.5)
Limitation	$0 X_1 + 1X_2 + 0X_3 = 0.15$	True (0.1053 $\geq$ 0.15)
Status: Optimal		MIN Z: 1.2039
Degeneracy: No		$X_1 = 1.2253$
Test to constraints: Ok		$X_2 = 0.1053$
		$X_3 = 0.1694$

- **Experimental design**
- The effects of extrusion cooking conditions on millet-soy based extrudates properties were studied. Results from preliminary trials were used to select suitable extrusion cooking conditions including screw configuration and die size, and to reduce the number of variables in the experimental design. Linear programming formulated composite flour was extruded through twin screw food extruder at different feed rate (6.5, 9.5, 11.5 and 13.5 kg/h), screw speed (200, 250, 300 and 350 rpm) at constant feed moisture (14% wb), barrel temperature (120 °C) and cutter speed (15 rpm). The extrudates prepared from millet-soy blended extrudates using twin screw extruder are shown in Fig. [1](#).

-

Feed Rate (kg/h)	Main Screw speed (rpm)			
	200	250	300	350
6.5				
9.5				
11.5				
13.5				

Constant feed moisture (14% wb), Cutter speed (15 rpm)

[Fig. 1](#)

View of extrudates with experimental design layout for constant feed moisture (14% wb) and cutter speed (15 rpm) at barrel temperature of 120 ° C

- **Extrusion cooking condition**
- The raw grains were conditioned to moisture level of 14% (wb) and kept for overnight to equilibrate the moisture (Singh et al. [2000](#)) and mixed with ribbon blender. Extrusion cooking was performed on a twin screw food extruder (BTPL lab model, India), driven by 10 hp AC motor. The feeder and cutter were controlled with 0.5 hp DC motor, separately. The length to diameter (L/D) ratio of the extruder was 5:1. The composite flour was fed into the extruder with a pre-calibrated twin-screw volumetric feeder. The screws were heated or cooled at two sections by a separate water circulation system. Barrel wall temperatures were measured by thermocouples. Steady-state conditions were assumed to have been reached when there were no visible drifts in percent torque, pressure and product temperature at the die for at least 5 min. Extruded rods through 3 mm circular die were cut through a constant cutter speed (15 rpm). Extruded samples were collected, cooled to room temperature under natural convection conditions and stored in low density polyethylene (LDPE) bags for further analyses.

- **Determination of products**

- The extrudates produced were dried at 105 °C for 3 min before further analysis.
- Expansion index
- Sectional expansion index (SEI)
- Specific length
- Product density
- Color values(HunterLab LabScan)
- Water absorption index (WAI)
- Textural evaluation (Texture analyzer) :Hardness, puncture force and breaking strength of extrudates
- Breaking strength
-

- All the experimentation was replicated five times and data was analyzed using Statistica (99 edition, kernel release 5.5, Statsoft Inc, USA).

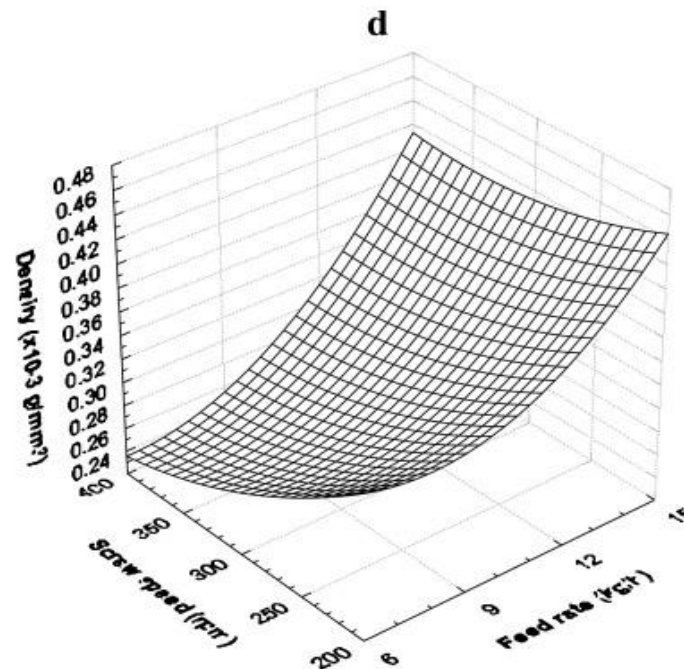
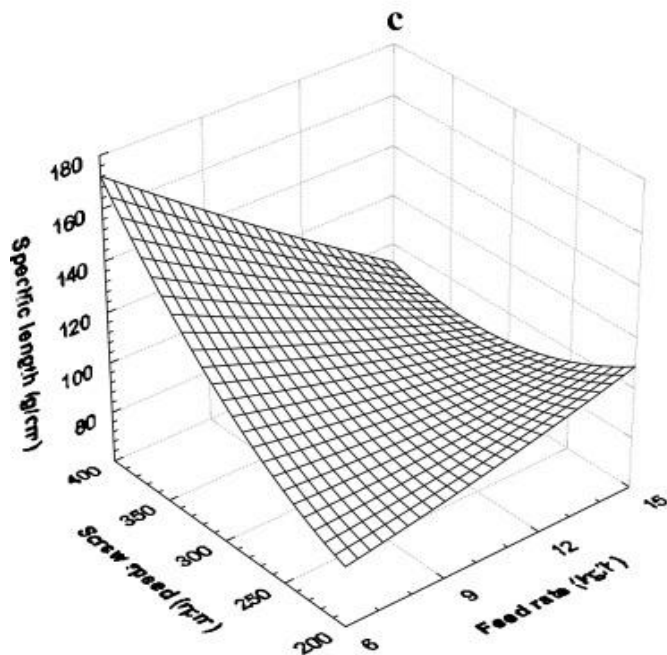
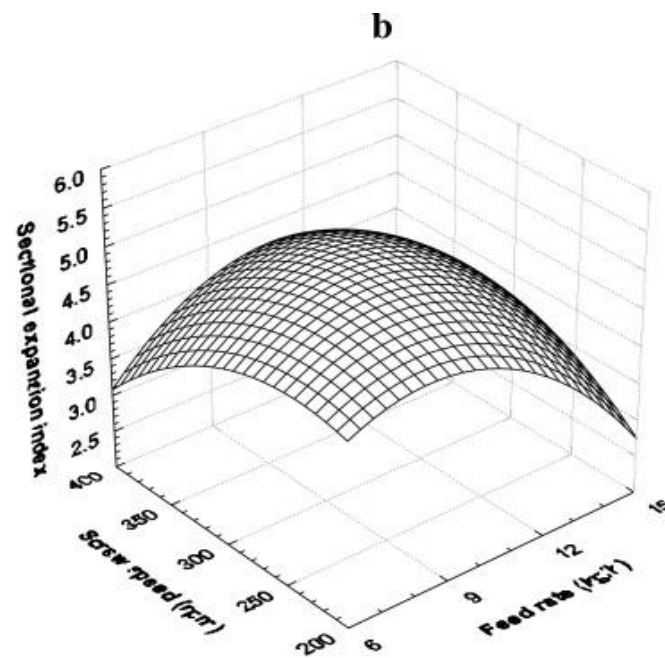
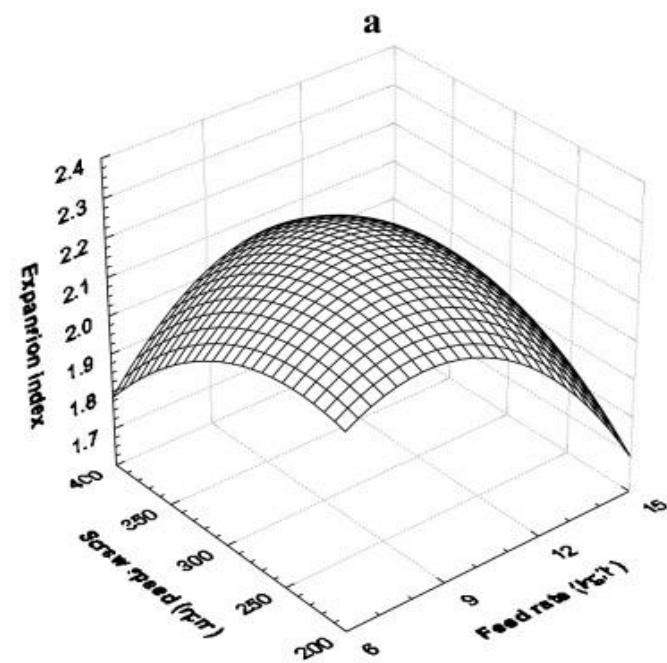
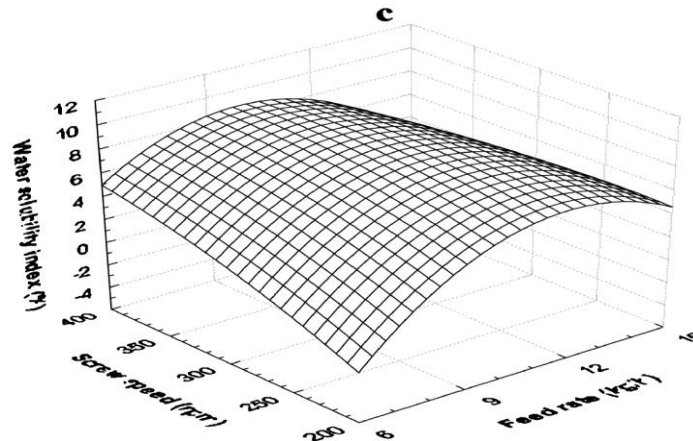
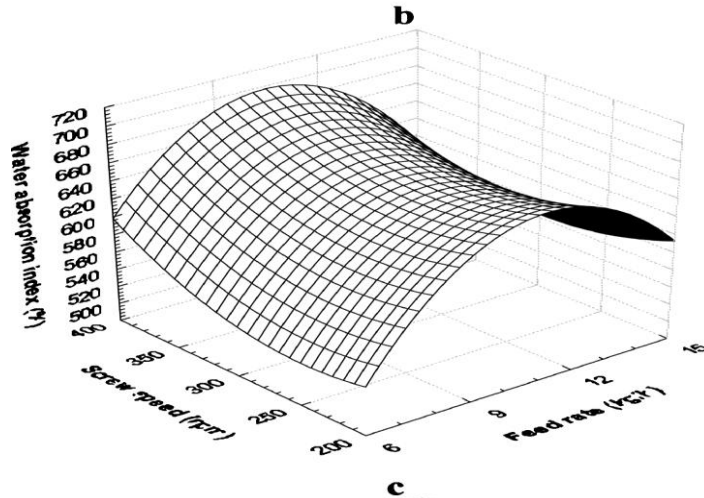
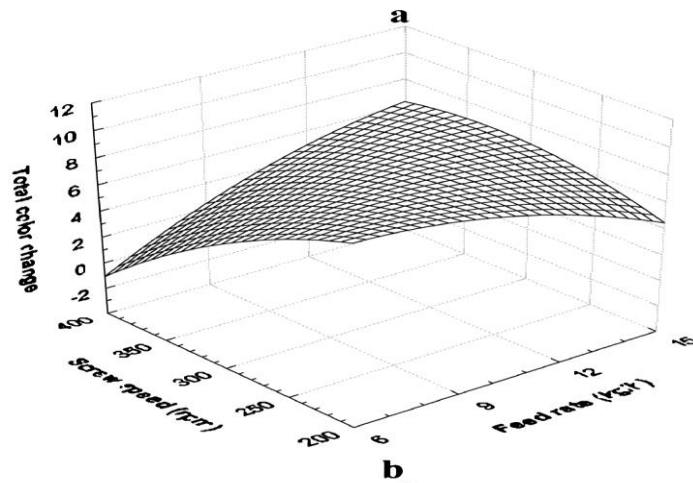


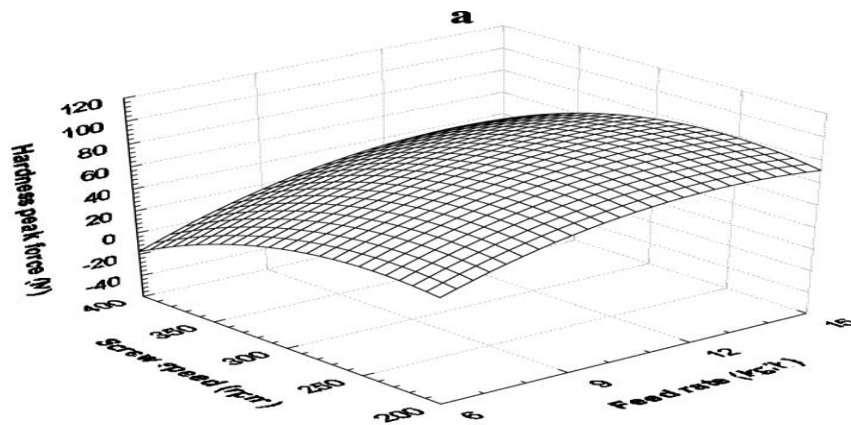
Fig. 2

Response surface plot for **a** expansion index **b** sectional expansion index **c** specific length **d** product density of extrudates

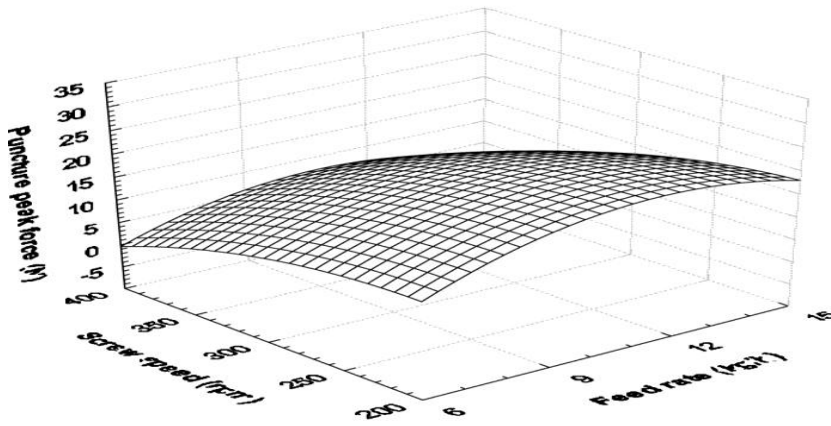


[Fig.3](#)

Response surface plots
for **a** total colour
change **b** water absorption
index **c** water solubility index
of extrudates



b



c

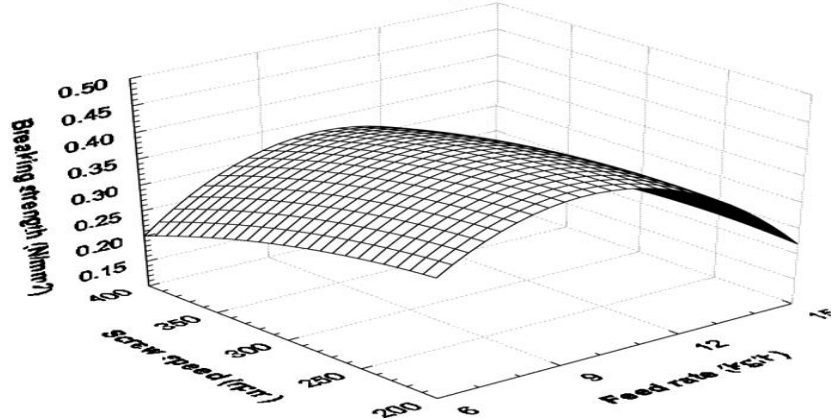


Fig. 4

Response surface plot
for textural
parameters **a** Hardness **b**
Puncture force
c Breaking strength of
extrudates

- **Conclusion**

- Feed rate and screw speed were at constant barrel temperature (120 °C) and feed moisture (14%) shown to have a little effect on the expansion behaviour of pearl millet (81.68%), finger millet (7.02%) and decorticated soy bean (11.29%) composite flour as obtained through LPP. The maximum expansion index (2.31), sectional expansion index (5.39), specific length (130 g/mm) and density ($0.25 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3$) were obtained for feed rate and screw speed combination 9.5 kg/h and 250 rpm, 6.5 kg/h and 350 rpm, 9.5 kg/h and 300 rpm, respectively. Thus, it is understood that the process variables affects the various product quality and organoleptic qualities of extrudates. Hence, the pearl millet based expanded snacks using twin screw extruder shows promising features for the production of low cost of extrudates.

• مطالعه موردی

فرمولاسیون محصول : بستنی میوه‌ای طبیعی

برای توسعه فرمولاسیون بستنی میوه‌ای طبیعی، متغیرهای مهم مواد اولیه و ویژگی‌های کیفی مهم محصول را شناسایی کنید. هر ماده اولیه را به کیفیت (یا خواص کیفی) محصول مرتبط کنید؛ برای مثال، لسیته به عنوان یک عامل امولسیون‌کننده، امولسیون روغن/آب را تثبیت می‌کند و به بستنی نرمی می‌بخشد.

ارزش تغذیه ای

ماده غذایی از ترکیبات مختلفی مثل چربیها، کربوهیدراتها، پروتئینها، ویتامین ها، مواد معدنی و آب تشکیل شده است. این مواد هر یک به نام ماده مغذی (Nutrient) نامیده می شوند.

برنامه غذایی هر فرد باید طوری تنظیم شود که حاوی همه مواد مغذی بوده و احتیاجات بدن با این مواد تامین شود.

در تعیین یک فرمولاسیون مناسب از همه مواد مغذی باید استفاده شود تا یک غذای متعادل تولید شود.

ارزش تغذیه ای محصول بر حسب اجزای کالری زا (چربی، کربوهیدرات و پروتئین)، میزان املاح و مواد معدنی، ویتامین ها و... تعیین می شود.

Six Classes of Nutrients

1. Carbohydrate
2. Protein
3. Fat
4. Vitamins
5. Minerals
6. Water

تعادل مواد مغذی

تغذیه با دقت برنامه‌ریزی شده باید تعادل انرژی و مواد مغذی را فراهم کند.
مواد مغذی عبارتند از:

پروتئین‌ها - برای رشد و ترمیم عضلات و سایر بافت‌های بدن ضروری هستند.
چربی‌ها - یکی از منابع انرژی و در مقایسه با ویتامین‌های محلول در چربی مهم هستند.

کربوهیدرات‌ها - منبع اصلی انرژی بدن.

مواد معدنی - آن دسته از عناصر معدنی که در بدن وجود دارند و برای عملکردهای طبیعی آن حیاتی هستند.

ویتامین‌ها - ویتامین‌های محلول در آب و چربی نقش مهمی در بسیاری از فرآیندهای شیمیایی بدن دارند.

آب - برای عملکرد طبیعی بدن ضروری است - به عنوان وسیله‌ای برای حمل سایر مواد مغذی و به این دلیل که ۶۰٪ بدن انسان از آب تشکیل شده است.

فیبر - بخش فیبری غیرقابل هضم رژیم غذایی که برای سلامت دستگاه گوارش ضروری است.

کالری (cal) مقدار انرژی گرمایی مورد نیاز برای افزایش دمای ۱ گرم آب به میزان ۱ درجه سانتی‌گراد از ۱۴ درجه به ۱۵ درجه سانتی‌گراد است. **کیلوکالری (kcal)** مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای ۱۰۰۰ گرم آب به میزان ۱ درجه سانتی‌گراد است.

نیازهای انرژی روزانه

نیاز انرژی شخصی = نیازهای انرژی پایه + نیازهای انرژی اضافی

نیازهای انرژی پایه (**BER**) شامل میزان متابولیسم پایه (**BMR**) و فعالیت‌های عمومی روزانه شما می‌شود.

برای هر کیلوگرم وزن بدن، $\frac{1}{3}$ کالری در هر ساعت مورد نیاز است. (یک ورزشکار با وزن ۵۰ کیلوگرم به $\frac{1}{3} \times 24$ ساعت $\times 50$ کیلوگرم = ۱۵۶۰ کالری در روز نیاز دارد)

نیازهای انرژی اضافی (EER)

برای هر ساعت تمرین، به $\frac{8}{5}$ کالری اضافی برای هر کیلوگرم وزن بدن نیاز دارید. (برای یک جلسه تمرینی دو ساعته، ورزشکار ۵۰ کیلوگرمی ما به $\frac{8}{5} \times 2$ ساعت $\times 50$ کیلوگرم = ۸۵۰ کالری نیاز دارد).

یک ورزشکار ۵۰ کیلوگرمی که به مدت دو ساعت تمرین می‌کند، تقریباً به ۲۴۱۰ کالری نیاز دارد

($EER + BER + 1560 = 850$).

نقشه راه تغذیه‌ای

- غذاها بر اساس دو شاخص تغذیه‌ای که توسط داده های تغذیه ای توسعه داده شده‌اند، نقشه‌برداری می‌شوند:
- فاکتور سیری (FF) غذاها را در مقیاسی از 0 تا 5 ارزیابی می‌کند که اثر سیرکنندگی غذا را پیش‌بینی می‌کند. عدد FF بالاتر نشان می‌دهد که یک غذا به ازای هر کالری، سیرکننده‌تر یا رضایت‌بخش‌تر است. عدد FF پایین‌تر نشان می‌دهد که یک غذا قبل از اینکه احساس سیری کنید، کالری زیادی را تأمین می‌کند. بنابراین، غذاهایی با عدد FF بالا ممکن است به کاهش وزن و غذاهایی با عدد FF پایین ممکن است به افزایش وزن کمک کنند.

• 0 _____ 5

Calorie dense/ Weight Gain Diet

Filling(Low Calorie)/ Weight Loss Diet

نقشه راه تغذیه‌ای

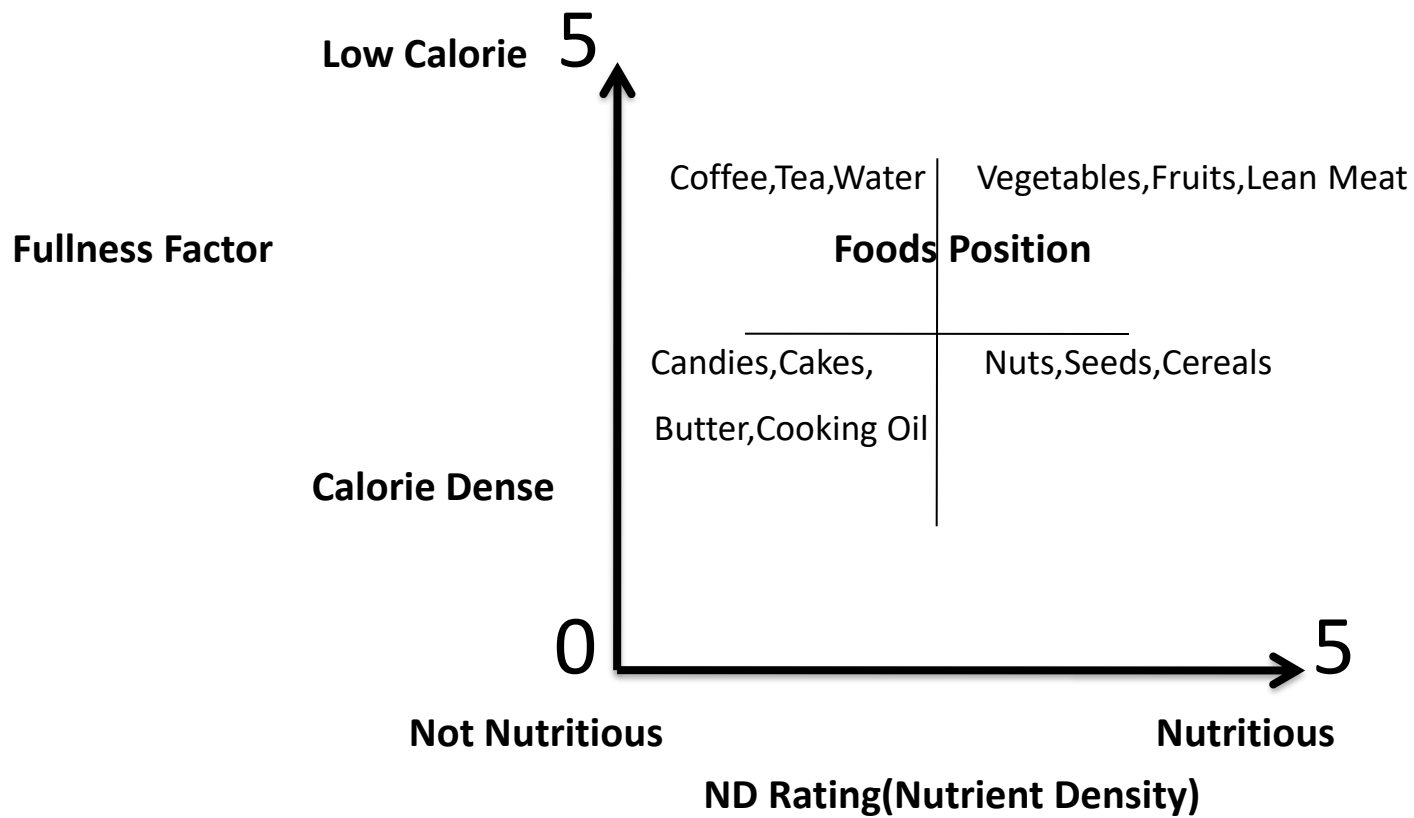
- رتبه‌بندی ND (داده‌های تغذیه‌ای) بر اساس چگالی مواد مغذی (توصیه‌های FDA برای یک رژیم غذایی سالم) غذاها، آنها را در مقیاس ۰ تا ۵ امتیازدهی می‌کند. رتبه‌بندی ND بالاتر نشان می‌دهد که یک غذا مغذی‌تر است.

• 0 _____ 5

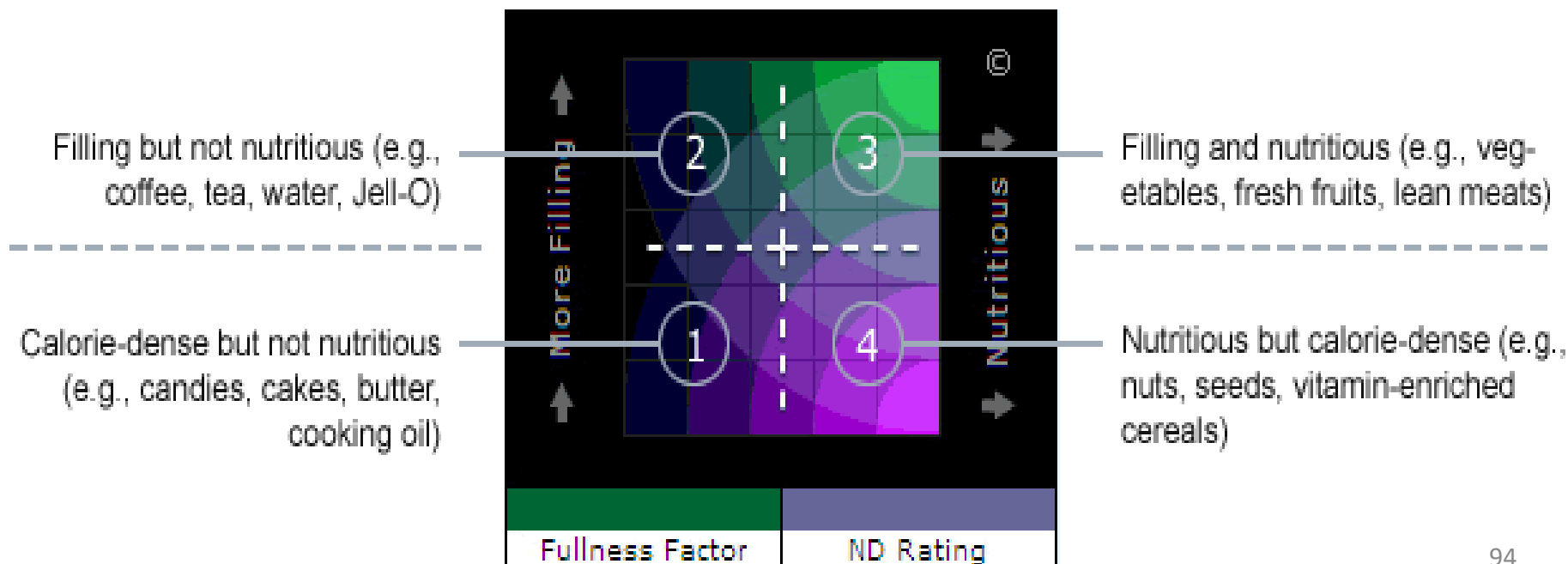
Not Nutritious

Nutritious

- تراکم مواد مغذی
- تعداد مواد مغذی در هر کالری،
- تعداد مواد مغذی ضروری مختلف موجود،
- اهمیت نسبی مواد مغذی موجود،
- میزان مواد مغذی که اغلب بیش از حد مصرف می‌شوند، مانند سدیم، کلسترول و چربی اشباع شده.

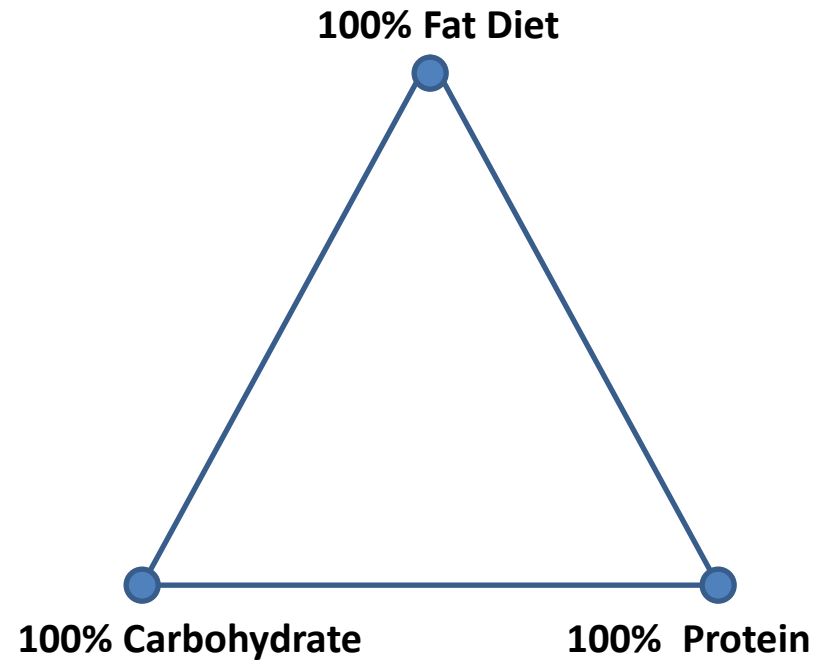


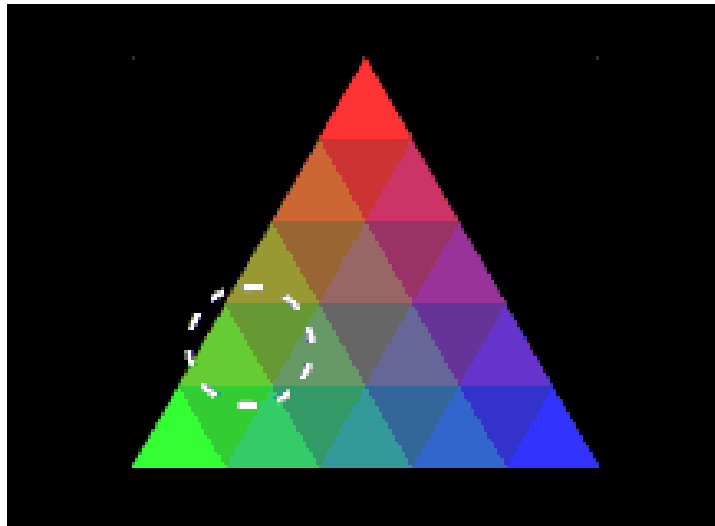
- هر غذا جایگاه مشخصی در نقشه هدف تغذیه‌ای™ دارد و بخش‌های خاصی از نقشه با اهداف تغذیه‌ای رایج مانند کاهش وزن، تغذیه مطلوب و افزایش وزن سالم همسو هستند.
- غذاهایی که به لبه سمت راست نقشه نزدیک‌ترند (با رتبه ND بالا) انتخاب‌های خوبی برای بهینه‌سازی کیفیت تغذیه‌ای رژیم غذایی شما در نظر گرفته می‌شوند.
- غذاهایی که به گوشه سمت راست بالای نقشه نزدیک‌ترند (با فاکتور سیری™ بالا و رتبه ND بالا) انتخاب‌های خوبی برای کاهش وزن سالم در نظر گرفته می‌شوند.
- غذاهایی که به گوشه سمت راست پایین نقشه نزدیک‌ترند (با فاکتور سیری™ پایین و رتبه ND بالا) انتخاب‌های خوبی برای افزایش وزن سالم در نظر گرفته می‌شوند.



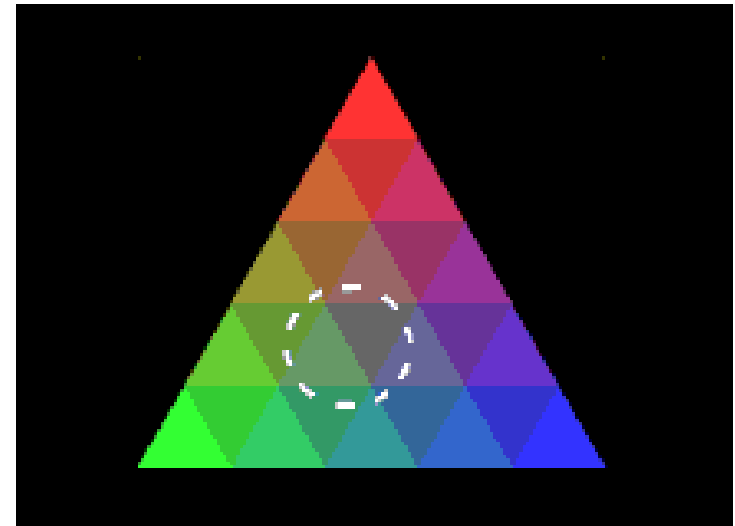
هرم نسبت کالری

- این نمودار درصد کالری غذا را که از سه درشت مغذی اصلی - کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین - حاصل می‌شود، نشان می‌دهد.
- هر موقعیت در این نمودار ویژه، نسبت کالری متفاوتی را نشان می‌دهد. نقطه بالای این هرم، غذایی را نشان می‌دهد که ۱۰۰٪ کالری آن از چربی‌ها (و ۰٪ از کربوهیدرات‌ها و پروتئین) حاصل می‌شود.
- با حرکت به سمت پایین هرم، درصد کالری از چربی‌ها کاهش می‌یابد؛
- خط پایین هرم، غذایی را نشان می‌دهد که کاملاً بدون چربی است.
- به طور مشابه، گوشه سمت چپ هرم ۱۰۰٪ کربوهیدرات و گوشه سمت راست آن ۱۰۰٪ پروتئین است.

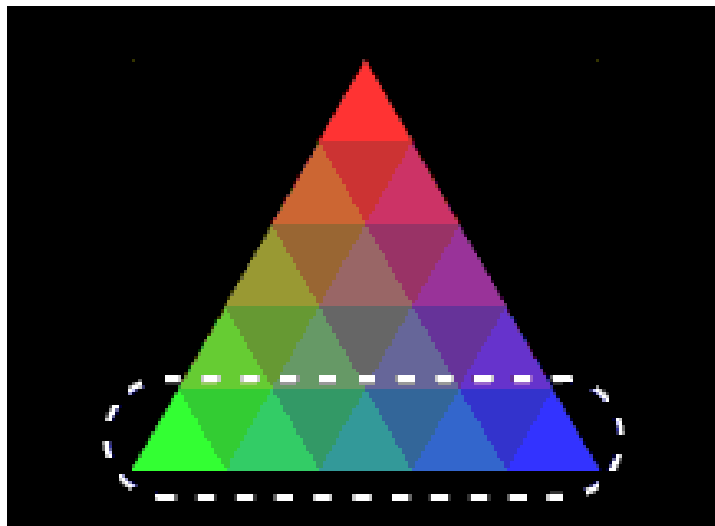




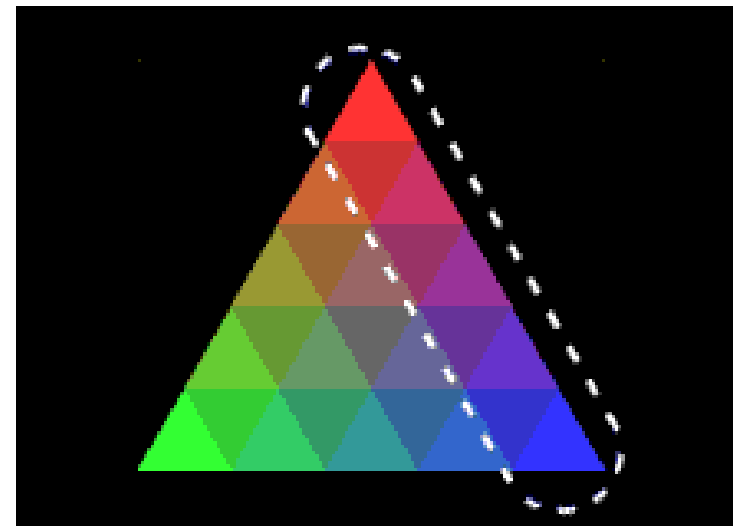
Traditional 60:30:10



Balanced 40:30:30 (e.g., Zone™ Diet)



Low-Fat



Low-Carb (e.g., Atkins™ Diet)

نحوه استفاده از هرم نسبت کالری

- اگرچه اختلاف نظرهایی در مورد اینکه کدام نسبت‌ها برای سلامتی و کاهش وزن بهینه‌ترین هستند، وجود دارد، اما بسیاری از رژیم‌های غذایی محبوب بر اساس یک نسبت کالری خاص بنا شده‌اند.
- به عنوان مثال: دستورالعمل‌های وزارت کشاورزی امریکا
- (USDA) توصیه می‌کنند که تقریباً ۶۰٪ کالری مصرفی شما باید از کربوهیدرات‌ها و تقریباً ۳۰٪ از چربی و ۱۰٪ از پروتئین‌ها (۶۰٪-۳۰٪-۱۰٪) باشد.

تغذیه فرد محور Personalized Nutrition

- رویکرد نوین در علوم تغذیه که با بهره گیری از تکنولوژی روز ، توصیه های غذایی اختصاصی مبتنی بر ویژگی های منحصر به فرد هر شخص را ارائه می دهد:

تغذیه بر اساس ژنوتیپ Nutrigenomics

- بررسی تاثیر مواد غذایی بر بیان ژن ها
- شناسایی ژن های موثر در چاقی، دیابت ، پاسخ به چربی ها و کربوهیدرات ها
- طراحی رژیم های غذایی منطبق بر ویژگی های ژنتیکی فرد

تغذیه فرد محور

- تحلیل متابولومیکس و بیومارکرها
- بررسی ترکیبات متابولیکی خون و ادرار برای ارزیابی وضعیت تغذیه ای فرد
- اندازه گیری بیومارکرهایی مانند گلوکز ، لیپیدها، ویتامین ها و هورمون ها
- ارائه رژیم غذایی سفارشی بر اساس وضعیت متابولیکی فعلی فرد
- کاربرد هوش مصنوعی و ابزارهای دیجیتال
- اپلیکیشن های تغذیه ای هوشمند با الگوریتم یادگیری ماشین
- تحلیل الگوهای غذایی فرد و پیشنهادات روزانه
- پایش خودکار میزان کالری، ریز و درشت مغذی ها

تغذیه فرد محور

- ردیابی رفتار غذایی و سبک زندگی با حسگرها
- استفاده از گجت های پوشیدنی (Wearables) برای اندازه گیری فعالیت فیزیکی، خواب و استرس
- تنظیم تغذیه بر اساس الگوی مصرف انرژی و ریتم شبانه روزی

تغذیه فرد محور

- پروفایل میکروبیوم روده
- تحلیل DNA میکروبیوم روده برای تعیین تعادل فلور میکربی
- شخصی سازی تغذیه برای بهبود سلامتی گوارش و ایمنی
- توصیه به مصرف پروبیوتیک ها یا پری بیوتیک های خاص
- رژیم های مبتنی بر فاز زندگی و شرایط سلامت
- تغذیه مخصوص کودکان، سالمندان، بارداری یا بیماری های مزمن (دیابت، سرطان، پروستات، کبد چرب ...)
- توجه به نیازهای متغیر فرد در طول زمان

فرمولاسیون های رژیمی

- اصولاً محصولات رژیمی را می‌توان جزو آن گروه از مواد غذایی به شمار آورد که کالری کمتری در مقایسه با نوع معمول دارند. در واقع، اساس تهیه محصولات رژیمی، کم کردن یا حذف عوامل انرژی‌زا (به‌خصوص قند و چربی) و جایگزین کردن عوامل غیرانرژی‌زا یا کم‌انرژی به جای این‌گونه ترکیبات است.

فرمولاسیون های رژیمی

- در واقع، محصولی که روی آن کلمه «کاهش یافته» یا «Reduced» نوشته شده، به این معناست که حداقل 25 درصد کالری کمتر از محصول معمولی آن دارد.
- سبک یا لایت (Light): یعنی یک سوم کمتر از محصول معمولی آن کالری دارد.
- بدون قند: یعنی کمتر از 0/5 گرم در هر واحد قند دارد.
- کم سدیم: یعنی کمتر از 140 میلی گرم در هر واحد سدیم دارد.

فرمولاسیون های رژیمی

- بدون چربی: یعنی کمتر از 0/5 گرم چربی در هر واحد.
- کم چربی: یعنی کمتر از یک گرم چربی در هر واحد.
- بدون کلسترول: یعنی کمتر از 0/5 گرم در هر واحد از محصول، کلسترول دارد.
- کم کلسترول: یعنی کمتر از 20 میلی گرم در هر واحد از محصول، کلسترول دارد.

فرمولاسیون های رژیمی

- روی برچسب های غذایی برای سهولت مصرف کنندگان به جای گرم از واحد غذایی یا سروینگ (Serving) استفاده می شود که مقدار و نوع واحد غذایی به کار رفته برای یک نوع محصول غذایی یکسان است و معمولاً بر اساس واحدهای آشپزخانه (قاشق غذاخوری و لیوان) یا عدد تعریف می شوند؛ مثلاً واحد غذایی را برای انواع مربا بر اساس قاشق غذاخوری بیان می کنند.

کربوهیدرات ها

نقش اصلی : تامین انرژی بدن

Energy: 4 cal/g

کربوهیدرات ها = ۴۵-۶۵٪ از کل کالری

قندها: کمتر از ۱۰٪ از کل کالری

فیبر: ۱۴ گرم در ۱۰۰۰ کالری

هضم غذا باعث تجزیه پلی ساکاریدها به گلوکز می شود.

سلول ها 24 ساعت در روز به گلوکز نیاز دارند.

گلوکز به شکل گلیکوژن در بدن ذخیره می شود.

مغز و سیستم عصبی نمی توانند گلوکز را ذخیره کنند.

نقش کربوهیدرات ها در رژیم غذایی

- شیرینی
- بافت
- تبلور
- نگهدارنده (در غلظت بالا)
- رنگ
- کاراملی شدن (رنگ)
- واکنش با اسیدهای آمینه (واکنش میلارد)
- فواید سلامتی

شیرین کنندگی

Sugar Crystalline Relative

	Sweetness (RS)
Fructose	180
Sucrose	100
Glucose (a, b)	74, 82
Lactose (a, b)	16, 32
Raffinose	1

Note: Sucrose is reference value = 100

Artificial Sweeteners

Non-Carbohydrates

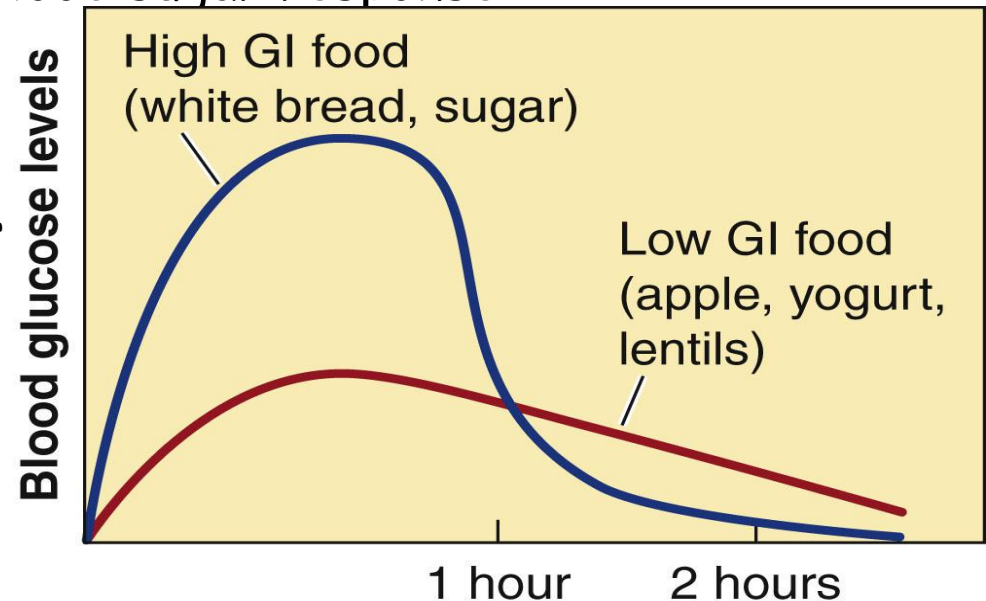
□ Cyclamate	30x
□ Acesulfame K	200x
□ Saccharine	300x
□ Aspartame	300x
□ Sucralose	600x

نقش کربوهیدرات ها در قند خون

شاخص گلیسمی

- یک سیستم عددی است که میزان افزایش قند خون در گردش را که یک کربوهیدرات باعث آن می شود ، اندازه گیری می کند.
- Measures extent of rise in circulating blood sugar a carbohydrate triggers
 - ↑ GI number, ↑ blood sugar response

estimate of how quickly food affects your blood sugar



شاخص گلیسمی

High GI	≥ 70	potatoes, white bread
Low GI	≤ 55	pasta, whole grain bread

غذاهای با شاخص گلیسمی بالا ۱ تا ۲ ساعت و غذاهای با شاخص گلیسمی پایین ۳ تا ۴ ساعت طول می‌کشد تا جذب شوند.
چند مثال در جدول زیر ارائه شده است.

Examples of GI values

Food	GI	Serving Size
Apple juice, unsweetened	40	
Coca Cola ® , soft drink/soda	63	250ml
Pizza, thin and crispy Pizza	30 ± 4	100g
enriched white bread	72 ± 4	30g
Whole grain bread	46	30g

عوامل موثر بر شاخص گلیسمی

1. ساختار بیوشیمیایی کربوهیدرات
2. فرآیند جذب
3. اندازه ذرات غذا
4. محتویات و زمان وعده غذایی قبلی
5. مصرف همزمان چربی، فیبر یا پروتئین

مدیریت قند خون

- حفظ سطح قند خون می‌تواند با خوردن غذاها و نوشیدنی‌هایی که شاخص گلیسمی پایینی دارند، حاصل شود. انتخاب کربوهیدرات‌های با GI پایین - آنهایی که فقط نوسانات کمی در سطح گلوکز خون و انسولین ایجاد می‌کنند - برای کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی و دیابت و همچنین القای کاهش وزن پایدار بسیار مهم است.
- عوامل و ویژگی‌های متعددی بر پاسخ گلیسمی یک غذا تأثیر می‌گذارند. در غذاها، نشاسته‌ای، این شامل مقدار کربوهیدرات‌ها، نوع مونوساکارید و نشاسته‌ها، تعامل نشاسته و مواد مغذی یا به دام افتادن فیزیکی، نوع و سطح نشاسته‌های مقاوم، درجه ژلاتینه شدن نشاسته، محتوای پروتئین، محتوای چربی و فیبر غذایی (که می‌تواند سرعت جذب کربوهیدرات را مهار یا کاهش دهد) می‌شود.¹¹²

- گذشته از عوامل مخدوش‌کننده، بهتر است از موادی استفاده شود که شاخص گلاسیمی پایینی داشته یا در ایجاد آن نقش دارند. به طور کلی، این به معنای اجتناب از سطوح بالای «کربوهیدرات‌های گلاسیمی» (یعنی موادی که قند زیادی دارند) و توجه ویژه به گلوکز و نشاسته زیاد، به ویژه آمیلوپکتین و آرد سفید یا هر ترکیب دیگری است که به راحتی به گلوکز تبدیل می‌شود. استفاده از فروکتوز (نه شربت ذرت با فروکتوز بالا) به عنوان جایگزینی برای شکر، یک جایگزین عالی با گلاسیمی پایین است، زیرا فروکتوز ابتدا باید توسط کبد تبدیل و سپس به آرامی به گلوکز تبدیل شود.

مثال: فرمولاسیون مربای رژیمی

- در ابتدا پالپ انبه وزن شد و ± 1 TSS بریکس) با استفاده از رفاکتمتر دستی اندازه‌گیری شد. pH پالپ با افزودن 10٪ (وزنی/حجمی) اسید سیتریک یا محلول بی‌کربنات سدیم به $\text{pH} = 3.4$ تنظیم و با استفاده از pH متر اندازه‌گیری شد. مرباها طبق طرح آزمایشی گزارش شده در جدول 1 (فرمول پایه: 1٪ پکتین و 60-70٪ غلظت ساکارز) تهیه شدند. تولید مربا با شیرین‌کننده‌های جایگزین در $\text{pH} = 3.4$ و 1٪ پکتین با جایگزینی جزئی یا کامل 60، 65 و 70٪ ساکارز انجام شد. مقادیر شاخص شیرینی نسبی همانطور که توسط سازنده استویوزید و سوکرالوز ذکر شده است به ترتیب 500 و 600 بود.
- مقدار مورد نظر ساکارز و شیرین‌کننده‌های جایگزین (بر اساس پالپ) به پالپ اضافه شد و مخلوط به یک ظرف استیل ضد زنگ روباز منتقل شد. مخلوط روی یک شعله گازسوز با دمای شعله کم (190 $\pm$ 1 درجه سانتیگراد) گرم شد و TSS در طول جوشیدن کنترل شد. مخلوط پالپ-پکتین-شکر-اسید در طول جوشیدن به طور مداوم با یک میله شیشه‌ای هم زده شد. مخلوط در سطح TSS انتخاب شده برای مطالعه ویژگی‌های طیفی، بافتی و رئولوژیکی با ژل شدن خارج شد. گرم کردن زمانی که TSS برای مربای کامل به 65-66 بریکس رسید، متوقف شد و مخلوط در بشرهای شیشه‌ای 100 میلی‌لیتری ریخته و در شرایط محیطی خنک شد.

Table 1

Experimental plan of mango jam preparation with alternative sweeteners at pH = 3.4 and 1% pectin (basis = 100 g mango pulp).

Sucrose level	% Sucrose replaced	Amount of sucrose (g)	Stevioside (mg)	Sucralose (mg)
60	0	60	0	0
60	25	45	30	25
60	50	30	60	50
60	75	15	90	75
60	100	0	120	100
65	0	65	0.0	0
65	25	48.75	32.5	27.08
65	50	32.5	65.0	54.16
65	75	16.25	97.5	81.25
65	100	0	130	108.33
70	0	70	0	0
70	25	52.5	35	29.16
70	50	35	70	58.33
70	75	17.5	105	87.50
70	100	0	140	116.67

چربی‌ها و روغن‌ها

چربی‌ها و روغن‌ها تری‌گلیسیریدهایی با درجات مختلفی از اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع هستند.

چربی‌ها - عموماً در دمای اتاق جامد و سرشار از اسیدهای چرب اشباع هستند.

روغن‌ها - عموماً در دمای اتاق مایع و دارای اسیدهای چرب اشباع کم هستند.

نقش چربی‌ها و روغن‌ها در مواد غذایی

- نرم‌کننده
- احساس دهانی
- روان‌کننده در هنگام جویدن (احساس رطوبت ایجاد می‌کند)
- ظاهر
- حامل طعم‌دهنده‌ها و عوامل آزادکننده طعم
- حامل ویتامین‌های محلول در چربی/کاروتنوئیدها/اسیدهای چرب ضروری
- سیری یا احساس سیری
- انتقال حرارت
- بافت

توصیه‌های غذایی

- بیش از 30٪ کالری از چربی/روغن نباشد.
- چربی‌های اشباع‌شده باید کمتر از 10٪ کالری را تشکیل دهند.
- چربی‌های تک‌غیراشباع‌شده باید 10 تا 20 درصد کالری حاصل از چربی را تشکیل دهند.

- رژیم‌های غذایی پر چربی با سرطان، چاقی، دیابت و بیماری‌های قلبی - عروقی مرتبط هستند.
- اضافه وزن و چاقی در بسیاری از کشورها به یک اپیدمی تبدیل شده است.
- در ایالات متحده حدود 65 درصد مردم اضافه وزن دارند ($BMI > 25$) و حدود 23 درصد مردم مبتلا به چاقی هستند ($BMI > 30$).
- RDA چربی 30 درصد کل کالری مصرفی است در حالیکه مصرف متداول چربی در بسیاری از کشورها نزدیک 38 درصد است.

جایگزینهای چربی

- استفاده از جایگزینهای چربی در فرمولاسیون مواد غذایی بستگی به این دارد که چه خصوصیتی از چربی در فرمولاسیون مورد نظر

می باشد.

- احساس دهانی مربوط به چربی یا روغن ترکیبی از چندین پارامتر اساسی است که در کنار یکدیگر حس خوراکی Oiliness یا Fattiness را ایجاد می کنند. این پارامترها عبارتند از: ویسکوزیته، روان سازی، جذب شدن (اثر فیزیولوژیکی روی پرزهای چشایی) و دیگر پارامترهایی که هنوز تعریف نشده اند. نظیر: چسبندگی، پیوستگی، مومی، پوشش دهانی .

مزایای استفاده از جایگزینهای چربی

- کاهش دانسیته انرژی مواد غذایی
- افزایش نسبت مواد مغذی (نوترینت ها) به انرژی در مواد غذایی
- کاهش چربی رژیم غذایی و متعاقب آن کاهش بیماریهای قلبی- عروقی، چاقی و افزایش وزن

جایگزینهای چربی

۱- مواد تقلیدکننده چربی: ماده بدون چربی که نیاز به محتوای آب بالایی دارد. جایگزین برخی (نه همه) عملکردهای چربی در محصولات می‌شود.

۱-۱- بر پایه کربوهیدرات

نشاسته و محصولات هیدرولیز نشاسته

بر پایه فیبر (صمغ‌ها، ژل‌ها، غلیظکننده‌ها، عوامل حجم‌دهنده)

۲-۱- بر پایه پروتئین

پروتئین‌های فرآوری‌شده ویژه

ترکیبات پروتئین/فیبر

جایگزینهای چربی

- ۲- جایگزینهای چربی (مبتنی بر لیپید): ترکیب مصنوعی که به عنوان جایگزین مستقیم ۱ به ۱ استفاده می‌شود. ساختار شیمیایی مشابه چربی اما در برابر هضم مقاوم است.
- ۱-۲- جایگزینهای چربی مصنوعی
- ۲-۲- چربیهای کم‌کالری: تری‌گلیسیرید مصنوعی که از ترکیب اسیدهای چرب غیرمتعارف ساخته می‌شود و منجر به کاهش کالری می‌شود.
- ۳-۲- امولسیفایرها

جایگزینهای چربی: مثال در مواد غذایی

<u>Product</u>	<u>Fat Level</u>	<u>Formulation Strategy</u>
Milk Yogurt Pudding Cottage Cheese	$\sim 5\% \rightarrow < 1\%$	- Adjust Protein, Water, Carbohydrate Ratio - Add Low Levels of Texture Modifying Ingredients
Spreads Dressings	$70-80\% \rightarrow < 2\%$	- Fat Replacement: Substitute or Mimetic Physical replacement - Modify nonfat comp. - Control Moisture

توصیف برچسبهای تغذیه ای رژیمی

- فاقد: این اصطلاح در مواردی کاربرد دارد که نمونه 50 گرمی ماده غذایی فاقد کالری بوده یا کمتر از 5 کالری انرژی داشته باشد یا دارای کمتر از 0/5 گرم چربی، کمتر از 0/5 گرم چربی اشباع یا کمتر از 2 میلی گرم کلسترول باشند.

FAT FREE

- بکاربردن اصطلاح "بدون چربی" به این معنی است که ماده غذایی دارای کمتر از 0/5 گرم چربی در هر وعده غذایی است.



REDUCED FAT OR REDUCED CALORIE

- کاهش یافته: از نظر تغذیه ای تغییر داده شده است بطوریکه 25% یکی از ترکیبات مغذی آن کاهش یافته یا دارای 25 درصد کالری کمتری نسبت به ماده غذایی مرجع باشند.



LOW FAT

- کم چربی: در مواردی کاربرد دارد که نمونه 50 گرمی ماده غذایی حاوی کمتر از 40 کالری انرژی، 3 گرم چربی یا 3 گرم چربی اشباع بوده و تنها 15% کالری آن از چربی اشباع باشد یا 20 میلی گرم کلسترول داشته باشند.

مثال 1 : فرمولاسیون مایونز کم چرب با استفاده از دکسترین یولاف

- ترکیبات مایونز معمولی: زرده تخم مرغ خالص 14%، سرکه (حاوی 5% وزنی/حجمی اسید استیک) 9%، روغن سویا 74%، نمک 1%، وانیلین 0.1%، پودر زنجبیل 0.18%، خردل 0.36%، شکر 1%، فلفل سفید 0.36%.
- در تهیه نوع کم چرب، میزان روغن با افزودن دکسترین یولاف به مقادیر 20%، 30% و 40% محتوای روغن جایگزین شد. ابتدا تخم مرغ و سرکه با هم مخلوط شدند و سپس سایر ترکیبات بجز روغن اضافه شده و با همزن مخلوط شدند. سپس روغن بطور آهسته اضافه شد.

- تهیه دکستترین یولاف: 100 گرم آرد یولاف بر پایه خشک (بدون در نظر گرفتن رطوبت آن) در 1400 میلی لیتر آب به مدت 180 دقیقه بهم زده شد.
- pH محلول آرد یولاف در 10.4 با افزودن سود و اسید کلریدریک 0.1 نرمال ، در دمای 25 درجه سانتیگراد تنظیم شد. بعد از صاف کردن با صافی 0.149 میلیمتری، مخلوط صاف شده با دور 4000RPM به مدت 10 دقیقه سانتریفوژ شد . نشاسته یولاف در ته ظرف سانتریفوژ جمع شد .
- آنزیم آلفا آمیلاز مقاوم به حرارت در دمای 90 درجه سانتیگراد افزوده شد . پس از 5 دقیقه همزدن در دمای 90 درجه سانتیگراد ، نشاسته مایع می شود. آنزیم با عبور مخلوط از یک تبادله حرارتی با تزریق بخار غیر فعال می شود.
- سپس مخلوط تا دمای 70 درجه می شود و با سرعت 4000 دور در دقیقه به مدت 10 دقیقه سانتریفوژ می شود . دکستترین یولاف از طریق جداسازی فاز شناور و خشک کردن انجمادی به دست می آید.

Table 1

Formulations for regular cakes (9) and low-fat, sugar-free cakes (8) prepared for consumer evaluation

Ingredients	Regular	Low-fat, sugar-free
Swans Down cake flour	20.0%	19.8%
Non-fat dry milk ^b	2.5%	2.5%
Egg white solids ^c	1.7%	1.7%
Baking powder ^d	1.6%	1.6%
Salt ^e	0.6%	0.6%
Vanilla extract ^b	0.8%	0.8%
Water	31.6%	33.5%
Shortening ^f	11.2%	—
Sucrose ^g	30.0%	—
Lactitol ⁿ	—	29.8%
Amalean II ^h	—	4.0%
Dur-lo emulsifier ⁱ	—	5.0%
Methocel gum ^j	—	0.29%
Xanthan gum ^k	—	0.01%
Encapsulated aspartame ^l	—	0.44%
Acesulfame K ^m	—	0.06%
Total energy of the baked cake	---	60

• مثال 2 :

• فرمولاسیون کیک رژیمی

• (کم چربی و فاقد شکر)

مثال 3 : فرمولاسیون روغن سرخ کردنی

- تا کنون استاندارد مستقلی در ارتباط با روغن های سرخ کردنی از سوی کدکس منتشر نشده است اما بطور کلی یک روغن سرخ کردنی سالم و مقاوم باید غنی از اسید اولئیک بوده (بیش از 75%) و اسید چرب اشباع (12°C - 18°C) و پلی انوئیک کمی داشته باشد (کمتر از 15%). همچنین میزان اسیدلینولنیک آن باید کمتر از 1/5 % و میزان اسیدهای چرب ترانس آن باید عملاً صفر باشد.
- بر اساس نظر (Rossell, 2001) در یک روغن سرخ کردنی تازه اندیس پراکسید باید کمتر از 0/4 ، اندیس آنزیدین حداکثر 5 ، اسید چرب آزاد حداکثر 0/1% و رنگ روغن باید کمتر از 2 واحد قرمز لاویباند باشد. نقطه دود و اشتعال روغن های تصفیه شده باید به ترتیب بالای 200°C و 300°C باشد. اندیس یدی باید کمتر از 130 و ترجیحاً کمتر از 100 باشد. همچنین اسید لوریک حداکثر 5% ، اسید لینولنیک حداکثر 3% و اسیدهای چرب ترانس حداکثر 20% باشد.
- بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره 4152 ، حد مجاز اسید لینولنیک در روغن های گیاهی سرخ کردنی حداکثر 2% ، پایداری بروش رنسیمت در دمای 110°C ، حداقل 14 ساعت ، اندیس یدی حداکثر 100 ، نقطه دود حداقل 200°C ، عدد اسیدی حداکثر 0/2 و اندیس پراکسید حداکثر 5 می باشد.

Behnoud Sanat Omid Sabzevaran

بهنود صنعت امید سبزواران

ارایه خدمات فنی و مهندسی، مشاوره و آموزش در صنایع غذایی

<https://t.me/behnoudsanatomidesabzevaran>

<https://eitaa.com/behnoudsanatomidesabzevaran>

http://www.Instagram.com/behnood_sanat.co

www.behnoudsanat.ir

Email: behnood.sanat.co

Tel:09139409002-09137991439

